

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Claude, Frédéric VEIL

né le 19 octobre 1920, à Paris (14^e)

Présentée et soutenue publiquement le 6 mars 1952

**La fatigue industrielle
et l'organisation du travail
Pourcentage de repos — Rythme optimal
Détérioration fonctionnelle**

Bases théoriques et expériences d'orientation

Président de thèse : M. DESOILLE, Professeur.

PARIS

LIBRAIRIE LE FRANÇOIS, 91, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1962

ANNÉE 1952

N° 166

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Claude, Frédéric VEIL

né le 19 octobre 1920, à Paris (14^e)

Présentée et soutenue publiquement le 6 mars 1952

**La fatigue industrielle
et l'organisation du travail
Pourcentage de repos — Rythme optimal
Détérioration fonctionnelle**

Bases théoriques et expériences d'orientation

Président de thèse : M. DESOILLE, Professeur.



PARIS

LIBRAIRIE LE FRANÇOIS, 91, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1962

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen honoraire : M. BAUDOUIN

Professeurs honoraires : MM. BAUDOUIN, BRINDEAU, CARNOT, CHEVASSU, CHIRAY, CLERC, DELBET, GOUGEROT (H.), GUILLAIN, HARVIER, LAIGNEL-LAVASTINE, LAUBRY, LEMAITRE, LEMIERRE, LHERMITTE, LOEGER, MARION, MATHIEU, MOCQUOT, MULON, OMBREDANNE, ROUVIÈRE, SANNÉ, SÉBILEAU, SÉZARY, TANON.

Doyen : Léon BINET, *membre de l'Institut* — **Assesseur :** Jean VERNE

I. — PROFESSEURS

OLIVIER, E., Anatomie.
DELARUE, A., Anatomie pathologique.
GASTINEL, P., Bactériologie.
CHAILLEY-BERT, P., Biol. appliquée à l'Éduc. phys. et Sports.
VERNE, J., Biol. médicale.
HUGUENIN, R., Cancérologie médicale et sociale.
OBERLING, C., Carcinologie.
POLONOVSKI, M., Chimie médicale.
BROcq, P., clin. chirurg. Hôtel-Dieu.
CADENAT, F., clin. chirurg. Saint-Antoine.
MONDOR, H., clin. chirurg. Salpêtrière.
QUÉNU, J., clin. chirurg. Cochin.
MÉRLE d'AUBIGNÉ, R., clin. chirurg. réparatrice et orthop.
DONZELOT, E., clin. de cardiologie.
FÈVRE, M., clin. de chirurgie infantile et d'orthopédie.
MONOD, R., clin. de chirurgie pleuro-pulmonaire.
BERNARD, E., clin. de la tuberculose.
PETIT-DUTAILLIS, D., clin. de neuro-chirurgie.
LELONG, M., clin. de périculture.
DEGOS, R., clin. des maladies cutanées et syphil.
CHEVALLIER, P., clin. des maladies du sang.
ALAJOUANINE, T., clin. des maladies du système nerveux.
DEBÈRE, R., clin. des maladies des enfants.
MOLLARET, P., clin. des maladies infectieuses.
DELAY, J., clin. des mal. ment. et de l'encéphale.
FUNCK-BRENTANO, P., clin. gynécologique.
BÉNARD, H., clin. méd. Hôtel-Dieu.
LAROCHÉ, G., clin. méd. Bichat.
MOREAU, R., clin. méd. Cochin.
LIAN, C., clin. méd. Pitié.
JUSTIN-BESANÇON, L., clin. méd. d'hydro-climat. therap.
PASTEUR VALLÉRY-RADOT, L., clin. médicale propédeutique.
LANTUEJOUL, P., clin. obstétr. Tarnier.

LÉVY-SOLAL, E., clin. obstétr. Baudelocque.
LACOMME, M., clin. obstétr. Port-Royal.
VELTER, E., clin. ophtalmologique.
AUBIN, A., clin. oto-rhino-laryngologique.
RICHET, C., clin. physio-pathologique des problèmes aliment.
(chaire à titre personnel).
HEUYER, C., clin. psychiatrique infantile.
COSTE, F., clin. rhumatologique.
DECHAUME, M., clin. stomatologique.
SÉNÈQUE, J., clin. thérapeutique chirurgicale.
CHABROL, clin. thérapeutique médicale.
FEY, B., clin. urologique.
GIROUD, A., Embryologie.
LAMY, M., Génétique.
MOUQUIN, M., histoire de la médecine et de la chirurgie.
CHAMPY, C., Histologie.
CATHALA, J., Hygiène et clin. de la première enfance.
JOANNON, C., Hygiène et médecine préventive.
DESOLLE, H., Médecine du Travail.
PIEDELÈVRE, R., Médecine légale.
GALLIARD, H., Parasitologie et histoire naturelle médicale.
DE GAUDART d'ALLAINES, F., Pathologie chirurgicale.
LAVIER, G., Pathologie exotique.
LEMAIRE, A., Pathologie expérimentale et comparée.
BARIÉTY, M., Pathologie médicale.
DE GENNES, L., Pathologie et thérapeutique générales.
HAZARD, R., Pharmacologie et matière médicale.
DOGNON, A., Physico-chimie médicale (chaire à titre pers.).
BINET, L., Physiologie.
STROHL, A., Physique médicale.
DESGREZ, H., radiologie médicale.
MOULONGUET, P., technique chirurgicale.
TURPIN, R., Thérapeutique.

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE — MAÎTRES DE CONFÉRENCES-AGRÉGÉS ET AGRÉGÉS

Anatomie : CORDIER, J.-C. (Pr. s. ch.), DEBEYRE, J., DELMAS, A.
Anatomie pathologique : Mlle P. GAUTHIER-VILLARS (Pr. s. ch.), BUSSEY, F.
Bactériologie : FASQUELLE, R., NEVOT, A.
Biologie médicale : BOURLIÈRE, F., ETTORI J. (Pr. s. ch.).
Chimie médicale : JAYLE, M. F. (Pr. s. ch.), SCHAPIRA, G.
Dermato-syphiligraphie : N...
Histologie : BULLIARD, H. (Pr. s. ch.), COUJARD, R., DES-CLAU, P.
Hydrologie : DEBRAY, C.
Hygiène : BOYER, J., DEPARIS, M.
Médecine légale : DEROBERT, L., GAULTIER, J.
Neurochirurgie : N...
Neurologie : SÈZE, S. de.
Obstétrique : GRASSET, J., LEFAGE, F., MAYER, M., MERGER, R., RAVINA, J., VARANGOT, J.
Ophtalmologie : OFFRET, G., DESVIGNES, P.
Oto-rhino-laryngologie : HALPHEN, E. (Pr. s. ch.), MADURO, R.
Parasitologie : BRUMPT, L.
Parasitologie coloniale : CHABAUD.

Pathologie chirurgicale : ABOULKER, P., BAUMANN, J., GOSSET, J.
HUGUIER, J., LAURENCE, G., LÉGER, L., OLIVIER, Cl., PADO-VANI, P., POILLEUX, M., ROUX, M., RUDLER, J.-C., VERNE, J.-M.
Pathologie expérimentale : MERKLEN, P.
Pathologie médicale : BERNARD, J., BOUDIN, G., CASTAIGNE, P., CONTE, M., DECOURT, J., DOMART, A., DREYFUS, Gilbert, FAUVERT, R., HAMBURGER, J., KOURILSKY, R., MILLIEZ, P., PERRAULT, M., RAMBERT, P., THIEFFRY, St., TURIAF, J., N..., N..., N...
Pédiatrie : LAPLANE, R., MARIE, J.
Pharmacologie : Mlle LÉVY, J. (Pr. s. ch.), CHEYMOL, J. H. (Pr. s. ch.).
Physiologie : BARGETON, D., PARROT, J. L.
Physique médicale : D'JOURNO, A., GOUGEROT, L.
Psychiatrie : BARUK, H.
Psychiatrie infantile : MICHAUX, L.
Stomatologie : Mme CHAPUT, A.
Thérapeutique : PERRAULT, chargé de l'enseignement.
Urologie : KUSS, R.

III. — PROFESSEURS HONORAIRES ET AGRÉGÉS RAPPELÉS À L'EXERCICE (pour le service des examens)

BRINDEAU, A., Obstétrique ; GATELLIER, J., clinique chirurgicale ; LE LORIER, V., Obstétrique ; VAUDESCAL, R., Obstétrique.

IV. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE (à titre permanent)

Clinique chirurgicale : AMELINE, A., MÉNÉGAUX, G., PATEL, J., SICARD, A.
Clinique médicale : BOULIN, R., BROUET, G., CACHERA, R., GARCIN, J., HAGUENAU, M., LENÈGRE, J., MARCHAL, G., SOULIÉ, E.
Clinique obstétricale : DICONNET, L., ECALLE, G.
Clinique ophtalmologique : RENARD, G.

Clinique urologique : COUVELAIRE, R.

Secrétaire de la Faculté : MOREL, J.
Secrétaire-adjoint : Mlle CHAINTREUIL, G.
Bibliothécaire en Chef : Docteur HAHN, A.
Bibliothécaires : M. DOUAN, G., Mlles DUMAITRE, P., GOI-CHON, A.-M., LE NOIR, G.

A notre Président de Thèse,

M. le docteur Henri DESOILLE

Professeur de médecine du travail à la
Faculté de médecine de Paris,
Chevalier de la Légion d'honneur,

Qui a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

La bienveillance et la simplicité de son accueil nous ont profondément touché. Nous tenons à exprimer notre reconnaissance pour l'enseignement que nous avons reçu de lui en 1949-1950; nous exprimons respectueusement le vœu de ne pas être indigne de ses leçons et de son exemple.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550209_0046

A la mémoire de

Jacques Jules Gustave VEIL

1917 – 1944

Chevalier de la Légion d'honneur

Croix de Guerre

Médaille de la Résistance

Sous-lieutenant F.F.C., chargé de mission

Bibliothécaire de l'État

Licencié ès-Lettres

Mort pour la France.

REMERCIEMENTS

M. Jacques Walch, Directeur-délégué des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, groupe de Valenciennes, trouvera dans ces pages le reflet de nos discussions scientifiques. Notre commune passion pour la vérité et la justice nous a parfois menés sur des voies différentes, elle ne nous a jamais séparés sur le fond des problèmes. Le présent travail lui doit beaucoup de sa substance et, s'il égratigne parfois au passage certaines de ses conceptions, il n'entame nullement notre admiration pour la très haute conscience avec laquelle il exerce de difficiles fonctions. Qu'il veuille bien accepter nos remerciements pour nous avoir ouvert les portes de la mine, nos vœux pour le succès de son œuvre technique et sociale, et l'expression de notre respectueux attachement.

M. le docteur P. Desmidt, médecin-chef du groupe de Valenciennes, et M. P. Verrier, ingénieur en chef du groupe de Valenciennes, ont manifesté à notre égard une extrême bienveillance, et nous ont été des guides et des garants infiniment précieux. Nous ne voulons pas les séparer dans l'hommage que nous devons à leurs éminentes qualités professionnelles et humaines.

M. le docteur M. Coumétou, chargé de conférences à l'Institut de Psychologie de l'Université de Paris, a bien voulu nous faciliter les prises de contact ; de ce fait, il est à l'origine de cette thèse. Nous lui en exprimons toute notre reconnaissance.

Nous tenons à exprimer à M. F. Gantois, dessinateur au groupe de Valenciennes, tous nos remerciements pour la grande part, patiente, efficace et désintéressée, qu'il a prise à la réalisation des illustrations.

Nous remercions les ingénieurs et agents de maîtrise du groupe de Valenciennes, et en particulier du Service de coordination, du Service de formation professionnelle, et des Services du fond, qui nous ont apporté une aide précieuse.

Nous espérons n'avoir pas démerité de la confiance que les ouvriers mineurs et leurs délégués ont bien voulu nous accorder.

PREMIÈRE PARTIE

POSITION DES PROBLÈMES

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE CRITIQUE

La fatigue, entité fort mal définie, ne paraît pas mesurable. A peine peut-elle être retenue comme principe de classification. Il est cependant nécessaire d'en utiliser une notion approximative. En effet, d'une part le souci de préserver la santé des travailleurs, de l'autre celui de déterminer des normes de production et de salaire conduisent à employer des cotations de « fatigüe ».

Le concept (1) est d'apparition assez tardive. Le dictionnaire de Littré témoigne fort bien, en ces termes, de son ambiguïté fondamentale : « Sentiment douloureux, avec difficulté d'agir, que cause un travail excessif ou trop prolongé ». Cette définition est bien celle du langage courant; elle est très différente de ce qu'on a étudié le plus souvent sous ce nom.

Une telle discussion n'est pas nouvelle, et nous nous garderons bien d'en reprendre l'historique complet. Nous nous contenterons de

(1) Le concept « fatigue » effet du travail sur le travailleur, pénible et tel qu'il s'oppose à la continuation du travail. Non le mot qui apparaît déjà en français au xiv^e siècle (DAUZAT). En grec, κόπος, κόματος, πόνος ne distinguent pas fatigue, souffrance, travail, fruit du travail. Le latin dispose de *labor* et *sudor*, au sens non moins équivoque; toutefois *lassitudo*, *fatigatio*, *defatigatio* semblent plus précis. Richelet traduit « fatigue, travail » par « labor » et « fatigue, lassitude » par « fatigatio ». L'article « Fatigue » de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert franchit un pas de plus vers la spécialisation du terme : « C'est l'effet d'un travail considérable. Il se dit du corps et de l'esprit, et il se prend quelquefois pour le travail même : on dit indifféremment les *travaux* et les *fatigues* de la guerre; cependant l'un est la cause, et l'autre l'effet. Il faut encore remarquer que dans l'exemple que nous venons d'apporter, le mot *travaux* peut avoir deux acceptions, l'une relative à la personne, et l'autre à l'ouvrage ». Il faudra attendre le xix^e siècle pour que soit clairement perçue et explicitement dégagée l'action réciproque de l'effet sur la cause.

résumer les principales positions, en organisant l'exposé en trois stades d'adéquation croissante des idées aux faits, puis nous examinerons quelques points plus en détail.

I. Dans une *première période* (on la fait remonter à Galilée, et elle se prolonge jusqu'à nos jours) dont l'apogée se situe au début du ^{xx}e siècle, le problème se pose en termes relativement simples. Les techniques d'étude se constituent, des faits incontestables sont mis en lumière.

a) La « fatigue » myographique (qu'il s'agisse du muscle isolé ou de la préparation neuromusculaire) est bien étudiée. Mosso et, à sa suite, Josefa Ioteyko et Henry d'une part, Kraepelin de l'autre font un pas de plus. Ils analysent le travail d'un groupe musculaire in situ ou d'une fonction mentale isolée. On reconnaît à la « fatigue » trois causes : épuisement des anabolites, accumulation des catabolites, affaiblissement des incitations nerveuses (et émoussement de l'irritabilité des récepteurs). Lapicque introduit les notions de chronaxie et d'hétérochronisme.

b) Un autre courant de recherches pose le problème en termes de rendement énergétique. Se fiant aux bilans calorimétrique ou eudiométrique, Atwater, Benedict, Zuntz, Atzler, Hill, Dill, Lefèvre parmi d'autres s'attachent aux dépenses d'énergie manifestes. Imbert, Amar envisagent spécialement le coût énergétique des gestes professionnels.

c) Une troisième tendance naît dans l'industrie même. Taylor systématise l'étude des modes opératoires et de l'organisation du travail. Il se heurte bientôt au problème de la fatigue et, aidé par Barth, découvre une loi « si simple » écrivait-il « qu'il est vraiment curieux qu'on ne l'ait pas découverte plus tôt ». Si simple, rétorque J. M. Lahy, que sa simplicité « touche à l'indigence ».

Aucune de ces conceptions n'est exhaustive. Toutes méconnaissent la réalité. Parler de physiologie du travail comme si l'autonomie volontaire n'existait pas conduit à une impasse. La notation du travail utile en kilogrammètres ayant sombré dans le discrédit (voir Ioteyko, qui demande si c'est vraiment la même chose de monter au premier étage par l'escalier ou de s'y hisser le long d'une corde), celle de la dépense d'énergie a fait la preuve de son insuffisance. L'appareillage d'enregistrement du type Marey, le sac de Douglas ne sortent presque jamais des laboratoires. Lapicque a dû reconnaître que, à la chronaxie élémentaire, se superpose la chronaxie de subordination, aux fluctuations imprévisibles. La fatigue, « mode actif de comportement », n'entrait pas dans les cadres qu'on lui préparait.

II. Vint la *première guerre mondiale*. Les gouvernements s'inquiétèrent du surmenage constaté dans les usines de munitions. Les études

de travail prirent un caractère d'urgence. Force fut bien de constater la carence des conceptions régnantes. On avait besoin de règles pratiques, sûres et simples. Ni le laboratoire de physiologie (1) ni l'étude des temps en atelier n'étaient capables d'en fournir. Alors prirent naissance les études indirectes, portant sur la courbe de production, l'absentéisme, la morbidité des travailleurs ou les accidents. Et l'on commença à attacher une grande importance aux aspects cognitifs, affectifs et sociaux du problème. Spécialité de l'Industrial Fatigue Research Board, ce type de recherches atteint sa pleine expression dans la célèbre enquête de l'usine Hawthorne, réunissant autour d'Elton Mayo une équipe abondante de spécialistes.

Il naît de nouvelles théories explicatives, aussi âprement combattues que les plus anciennes. On confond signes et causes de la fatigue. Tel étudie l'hypoglycémie, tel autre la courbe de production, un troisième l'amplitude des oscillations du centre de gravité, un autre encore le tonus musculaire. Mais Herscheimer et Herbst réfutent la théorie de la dette d'oxygène, Fleischmann celle de l'intoxication lactacide. Aux ingénieurs qui se laissent tenter par l'accélération des rythmes de production on a beau jeu de répondre (de Frois à Bourdon) que le nombre d'accidents, croît, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnellement à la rapidité du travail.

Aussi le vent tourne-t-il au pessimisme. Au découragement de Myers, de Muscio et de Cathcart fait écho la revue d'ensemble de Dhers. Ce dernier, examinant les tests de fatigue, constate qu'aucun des critères proposés n'est satisfaisant. La question reste donc ouverte. Tout ce qu'on sait, c'est qu'il n'existe pas de relation significative entre la fatigue ressentie et la quantité de travail extérieur fournie, guère plus avec le coût énergétique de ce dernier, et pas davantage avec le chimisme tissulaire. Aucune solution de continuité objective n'apparaît entre « fatigue normale » et « fatigue pathologique » (2). Chacun selon sa préférence pourra continuer à baptiser « fatigue » un processus arbitrairement isolé, en omettant le plus souvent de tenir compte de la variabilité individuelle et des facteurs économiques et sociaux.

Cependant les problèmes industriels subsistent. La majorité des systèmes d'organisation et de salaires adoptés un peu partout reposent sur des chronométrages assaisonnés de notations complexes où intervient la fatigue de l'ouvrier. Aux États-Unis on prend l'habitude d'accorder des « fatigue allowances » horaires ou quotidiennes; certaines méthodes vont plus loin, qui prétendent déterminer des « fac-

(1) MYERS : la « lumière incertaine » jetée par la physiologie sur la fatigue musculaire.

(2) Et si l'on devait aborder ce dernier problème, comment expliquerait-on à la fois l'Addisonisme et les syndromes maniaque et catatonique?

teurs d'effort » élémentaires. A l'autisme de l'homme de laboratoire va s'opposer le dogmatisme du praticien; et l'un comme l'autre bâtissent dans la confusion.

III. De très louables efforts sont tentés *récemment* pour sortir de l'impasse. Et c'est à leur lumière que s'éclairent des conceptions déjà anciennes, probablement prématurées pour leur époque.

a) Bartley en a fait en 1947 une revue critique. Prenant ses définitions comme point de départ, nous serons en mesure de revenir en arrière en sachant de quoi nous parlons. Bartley s'attache à des précisions fondamentales. Comme la définition de Littré le faisait pressentir, la fatigue est une expérience vécue. On n'a pas le droit de dissocier le tout psycho-physiologique en une somme de parties indépendantes. Le travail est autre chose qu'une succession de gestes, l'individu autre chose qu'une mosaïque d'organes et même de fonctions, et le groupe autre chose qu'une juxtaposition d'individus (cf. les forces de sociabilité, « manières d'être liées par le tout et dans le tout »). Bartley affirme la possibilité d'étudier objectivement la fatigue, en tant qu'expérience survenant chez l'individu considéré comme un tout organisé en situation. Mais alors deux précautions sont rigoureusement indispensables :

— ne pas laisser de côté l'un ou plusieurs des nombreux facteurs importants de variation

— distinguer radicalement de la *fatigue* les deux ordres de faits que l'on a si longtemps confondus avec elle. D'abord l'« *impairment* » (littéralement : affaiblissement, altération, nous préférons : *détérioration fonctionnelle*) (1). Ce sont les modifications proprement organiques, d'ordre physiologique ou biochimique, ignorées du sujet et spécifiquement provoquées par le travail. Et aussi le « rendement du travail » (ou niveau d'activité, nous disons plutôt : *performance*), dont la relation avec les deux autres groupes de phénomènes est actuellement fort mal connue.

b) Ainsi armés, nous pouvons reprendre l'examen des jalons essentiels. On trouve déjà dans Claude Bernard certaines assertions qui préfigurent la nette position du problème. Bernard avait en effet fort bien compris que dans l'être vivant les phénomènes « conscients » et les phénomènes « inconscients » ne peuvent être étudiés par les mêmes procédés. D'où la nécessité d'appropriier les méthodes et le vocabulaire à leur objet, de ne pas « tout mettre dans le même sac ».

(1) L'expression est d'ailleurs loin de nous satisfaire. « *Dégradation fonctionnelle* » serait plus précis mais encore plus faussement péjoratif. Nous avons hésité cependant à forger un terme entièrement nouveau. Quant à écrire « *détérioration physiologique* », cela exposerait à parler dans certains cas de Détérioration physiologique pathologique...

Il insistait d'autre part sur cette idée qu'il ne fallait pas toujours chercher des mécanismes particuliers, mais savoir identifier un même mécanisme sous ses différents états. Or ce que nous savons de la détérioration nous fait penser qu'elle doit être considérée non comme un état à part mais comme un niveau de l'adaptation et de la régulation physiologiques. Sa définition doit être quantitative, il faut apprendre à la calculer fonction par fonction, type d'activité par type d'activité, rythme par rythme, individu par individu. Ainsi pourra-t-on déterminer le réseau de relations qui sous-tend les faits bruts. Il ne faut pas tracer de frontière entre l'absence et la présence de détérioration. Dans quelle mesure une telle proposition est-elle compatible avec la notion de steady-state introduite par Hill (1) et aujourd'hui classique? Empruntons à l'excellent ouvrage de Kayser les lignes suivantes : « Le travail intense est celui que fournit normalement le travailleur de force tous les jours... Le travail intense s'effectue en steady-state, c'est-à-dire en état d'équilibre : le débit du cœur, la fréquence cardiaque, la tension artérielle, la ventilation pulmonaire, la température du corps se fixant à un niveau spécial et constant durant tout le travail ». Dans deux cas toutefois le steady-state ne s'établit pas ou dure peu : quand il y a défaut d'entraînement (travaux de Henderson, Bock, Lindhard, Brouha, etc.) ou dans le cas du travail « maximal ».

Kayser a-t-il suffisamment pesé ses termes? Il traduit steady-state par état d'équilibre, alors qu'il serait plus fidèle de parler d'état stable. Il écrit que le niveau fonctionnel reste constant au cours du travail; n'eût-il pas mieux valu écrire plus prudemment : en première approximation constant? les travaux de Christensen, qu'il cite, relatent bien ce qui nous paraît être des pseudo-steady-state, où le plateau est ascendant (voir fig. 1). Il faut prendre garde à deux faits : la plupart des expériences de travail ayant fait conclure à la constance du steady-state ont été beaucoup trop courtes : quelques minutes, 1 ou 2 heures au maximum; on n'a pas le droit d'extrapoler la constance du steady-state à l'échelle d'une vraie journée de travail. De plus, comme Marchac l'a constaté, il est des fonctions sans steady-state. Pour Hill, la fatigue est l'« organic unbalance ». Pour nous, il y a la détérioration, strictement progressive et quantitative, expliquant la fatigue des ouvriers qui ont fait leur journée apparemment en steady-state. Et il y a le « breakdown », déséquilibre, *épuisement*; ce n'est plus là un phénomène « économique », mais il semble qu'on franchisse un seuil au-delà duquel le travail devient tout simplement impossible. Nous sommes ainsi amené à préciser la différence entre la détérioration et l'épuisement. Or, dans l'industrie, l'état d'épuise-

(1) Insistons d'ailleurs sur le fait que HILL a décrit le « steady-state » au cours de ses recherches sur les échanges respiratoires. On voit que KAYSER élargit le champ de cette conception.

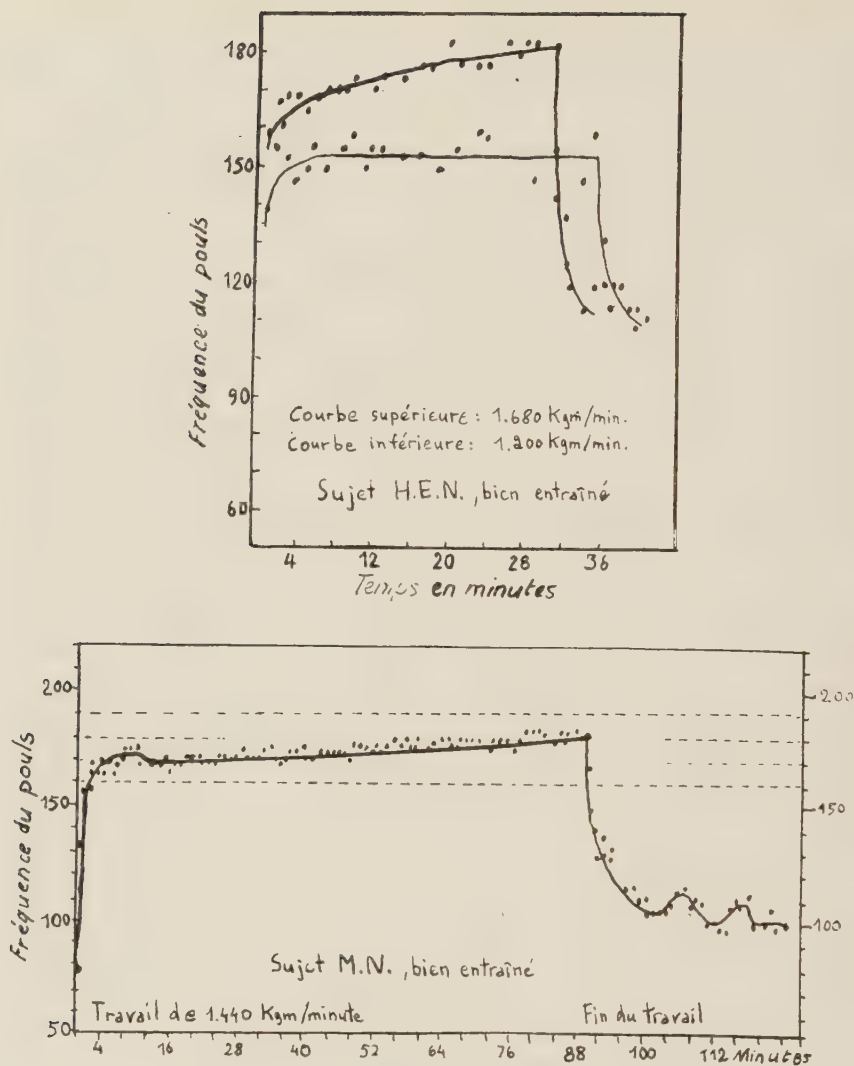


FIG. 1

Exemples de travail à « niveau constant »
(Imité de KAYSER, d'après CHRISTENSEN).

ment, d'incapacité totale, est tout à fait exceptionnel. Ce qu'on voit, c'est d'une part la fatigue proprement dite, d'autre part les baisses de performance. Ce qu'on ne voit pas parce qu'il est trop rare, c'est l'épuisement. Ce qu'on ne voit pas, parce qu'on ne sait pas la voir, c'est la détérioration. La détérioration qui est plus qu'une « fatigue d'organes » parce que s'y ajoute la « fatigue » des systèmes régulateurs.

Qui est moins que la vraie fatigue mais la conditionne en partie. Et qu'il faut d'abord étudier à l'état pur avant d'en analyser le *transfert*, la *rémanence*, l'accumulation (ou *surmenage*: ce qui se reporte d'un jour à l'autre, et surtout d'une semaine sur l'autre). A la limite, le surmenage, comme l'épuisement, peut devenir irréversible (1).

c) Spearman relate les très instructives expériences de Phillips. On peut opposer à une « fatigue subjective », non transférable d'une activité à une autre, non spécifique du travail mais caractéristique de l'individu, une « fatigue objective », partiellement transférable, partiellement spécifique du travail et ne caractérisant pas le sujet. Nous sommes fort loin ici de ce qu'on entend généralement par fatigue subjective (psychique) et fatigue objective (organique), et nous préférierions pour notre part, afin d'éviter toute confusion, dire *détérioration intrinsèque* et *détérioration extrinsèque*. Il s'agit bien entendu d'un complexe dans lequel seul le calcul peut séparer ce qui ressortit à l'une et à l'autre.

d) Nous avons parlé de *niveau d'adaptation*. Il faut ici bien préciser notre vocabulaire. Le même mot recouvre plusieurs réalités fort différentes. Le maintien de l'homéostasie (et de la vie) exige une accommodation continue de la régulation physiologique aux circonstances, en particulier à l'effort — c'est en ce sens que nous parlons ici d'adaptation au travail (par exemple : adaptation des échanges respiratoires).

L'adaptation qu'étudie Simonson est la mise en train, la première période de travail, le moment où l'organisme augmente ses échanges, contracte la dette d'oxygène — c'est la *période d'adaptation* (Umstimmung) symétrique de la période de « restitution » (ou de récupération après la fin du travail).

Troisième acception : si les possibilités physiques et mentales du travailleur sont et restent compatibles avec l'emploi, on dit qu'il y a adaptation (antonyme : inadaptation). Reste le *syndrome général d'adaptation*, tel que Selye l'a individualisé. L'on peut considérer la fatigue comme « stress », c'est-à-dire comme l'ensemble indissociable d'une action et d'une réaction, d'un « agent stressant » et d'une « adaptation ». L'agent stressant possède une (ou des) action spécifique tout en créant des dommages non spécifiques. L'adaptation, avec ses trois phases (alarme, résistance, épuisement), ce sont, à l'exclusion des défenses spécifiques, les symptômes de défense non spécifique (qu'ils soient de nature physique, chimique, ou nerveuse) (2).

(1) Nous n'envisageons pas ici la *fatigue pathologique*, qui sort du cadre de notre étude. Insistons donc : la « détérioration » n'est pas un phénomène morbide, le mot n'a pour nous aucun sens péjoratif.

(2) Selye emploie parfois « adaptation » au sens d'« entraînement ». Est-ce par mégarde ?

De la conception de la fatigue comme stress on peut rapprocher des notions plus limitées mais qui en confirment complètement ou précisent les modalités. Janet disait de la fatigue qu'elle apparaît comme une oscillation des fonctions, adaptée par l'évolution à certaines conditions (du milieu) ; elle se caractérise comme une dépression avec signes d'insuffisance prédominants. D'autres ont insisté sur le trouble des mécanismes de coordination et de régulation ; on assiste à la résurgence de fonctions plus primitives, dont le degré phylogénique ou ontogénique est inférieur. De nombreux chercheurs, constatant que la production peut fréquemment croître en dépit de la fatigue, ont souligné l'importance des phénomènes de suppléance ou de compensation, aussi bien psychologiques que physiologiques. Claparède constate que le travail intéressant ne fatigue pas. Lahy insiste sur la plasticité fonctionnelle. A. Binet remarque que, en présence de la fatigue, un choix reste possible : augmenter l'effort ou se soumettre au frein. On comprend l'échec complet des conceptions qui prétendent dissocier a priori le point de vue psychologique du point de vue physico-chimique, omettant de rechercher où se situent leurs véritables limites, et oubliant les interactions.

En ce qui concerne les mécanismes régulateurs, il faut citer les études de Lehmann et Michaelis, qui notent l'adrénalinémie pendant le travail et la trouvent proportionnelle à l'effort. Simonson trace un plan d'étude de la fatigue du système nerveux central : il faudrait envisager l'inhibition, la désinhibition, le trouble de la coordination interne des centres, le désaccord des chronaxies centrales, les troubles des régulations végétatives centrales, l'étalement du champ d'excitation, l'épuisement des cellules ganglionnaires, etc. se produisant simultanément ou successivement en différents points.

e) Entre beaucoup d'auteurs, Frois mérite une place à part du fait qu'il est remarquablement exempt d'esprit de système. Raisonnant sur des expériences bien conduites, et poursuivies en milieu industriel, il a avancé en 1920 des propositions intéressantes. Son schéma (voir fig. 1 *bis*), tout théorique, suppose :

- un pouvoir de destruction, fonction croissante du travail ;
- un pouvoir de réfection, fonction qui croît puis décroît.

La fatigue serait alors pour un point d'abscisse donnée la différence d'ordonnées des deux courbes. Les points représentant la fatigue s'alignent sur la parabole du 3^e degré telle qu'on la définit classiquement à partir des ergogrammes.

Le « travail », écrit-il plus loin, « doit être considéré en quantité et en qualité. Pour concrétiser notre pensée, nous avons assimilé ces deux éléments au voltage et à l'intensité d'un courant électrique. » Ces deux données, ajoute-t-il, ne constituent pas des variables indépendantes. Il y aurait d'autant moins lieu de les porter dans une

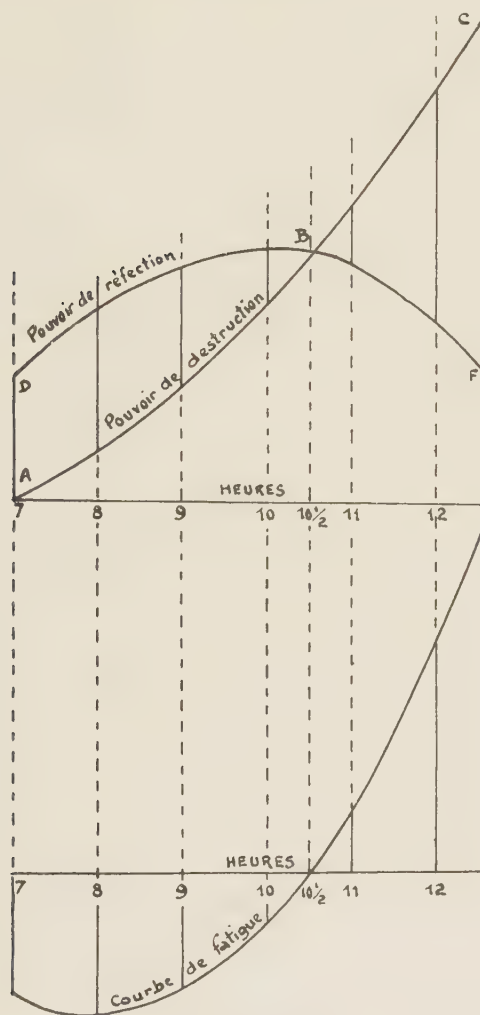


FIG. 1 bis

Représentation schématique
des phénomènes physiologiques provoqués par le travail.
(d'après FROIS.)

équation qu'on s'exposerait à négliger quantité de facteurs des plus importants (âge, sexe, rapidité du travail, habileté de l'ouvrier, durée quotidienne du travail, repos intercalaires, repos périodiques, conditions d'hygiène, etc.).

« Pour restreindre le champ des hypothèses et des conceptions empiriques », un travail sera considéré comme normal si aucune fonction n'est perturbée au-delà d'un seuil que l'on ne pourra définir qu'approximativement. On ne peut prévoir d'avance les répercussions

sur l'organisme d'un travail donné, même très bien connu par une analyse *a priori*.

C'est seulement *a posteriori* que le jugement sera possible. Et encore interviendront les variations individuelles, ce qui imposera de définir statistiquement un « type moyen » qu'on utilisera comme critérium.

f) On trouve dans un ouvrage déjà ancien de Mayo des vues pénétrantes sur la façon dont doivent être organisées les expériences. Il expose les aspects « philosophiques » de l'ouvrage de Henderson (Blood, *A Study in General Physiology*). La fatigue n'est pas une simple entité circonscrite dont le déterminisme soit simple et univoque. De même que dans tout processus organique, il faut considérer un équilibre d'ensemble: le changement de valeur d'une seule des variables retentit à travers toute l'organisation. L'expérimentation en biologie ne consiste pas à contraindre mais à mesurer. Car il est rigoureusement impossible de faire varier le facteur a en maintenant la constance des facteurs $b, c, d... n$ et toute contrainte qui porte sur $b, c, d... n$ affecte également a . On ne peut opérer de dissociation valable que par l'entremise des mathématiques. Il faut s'astreindre à mesurer autant de variables distinctes qu'il est possible, « as few as we may, as many as we must ».

g) Parmi les moyens d'étude les plus récents, nous devons citer deux épreuves dont les débuts scientifiques sont assez prometteurs. A l'épreuve de Donaggio ont succédé celle d'Eppinger et celle de Kaunitz; cette dernière, basée sur le dosage de l'azote polypeptidique urinaire, serait dit-on quantitative et fidèle.

Simonson plaide pour la détermination de la fréquence critique de fusion des images rétinienne; il a repris sérieusement l'étude de ce test dont la réalisation n'est d'ailleurs pas nouvelle (Piéron). Valide, sensible, non sujette à apprentissage, variant peu dans la journée, elle présenterait de grands avantages; encore faut-il que la technique en soit convenablement standardisée. Elle serait parallèle à la fatigue subjective et, liée à la chronaxie, à la période de latence et à la période réfractaire du système rétino-cortical, elle rendrait compte de l'état du système nerveux central.

Nous n'avons lu Mayo, comme Bartley, comme Frois, comme Ward (qui a employé la fonction de régression totale dans l'étude de la fatigue) qu'après la fin de nos propres expériences. Que nous ayons trouvé en eux une confirmation n'ôte rien à leur indiscutable antériorité. On sera peut-être surpris de ce que nous nous reconnaissons à la fois en Frois, qui bannit les équations, et en Mayo qui les prône. Nous partageons la méfiance de Frois à l'égard des représentations mathématiques issues du donné physico-géométrique. Nous partageons l'espoir de Mayo à l'égard des représentations mathématiques issues du donné biologique. Nous ne savons pas si le progrès de la

physiologie lui permettra un jour d'atteindre à l'élégance des liaisons « fonctionnelles » voire « stochastiques ». En 1950, nous avons le droit et le devoir d'employer des méthodes statistiques essentiellement descriptives.

IV. Il est trois points sur lesquels nous devons revenir, en raison de leur importance dans les conditions industrielles. Nous évoquerons donc les problèmes de l'*optimum*, de la *performance* et du *repos*.

a) Les bases physiologiques de l'*optimum* de rendement. Le rendement physiologique réel s'exprime sous la forme :

$$E = \frac{a \times 100}{b - c}$$

où a est le travail effectué,

b la dépense d'énergie,

c la dépense basale correspondant à la durée du travail.

De nombreux physiologistes ont étudié les variations de ce rendement en fonction de divers paramètres. Les plus importants sont le type du travail, la force équilibrée, le rythme et la vitesse. On a constaté que l'*optimum* de dépense pouvait fort bien différer notablement de l'*optimum* industriel (déterminé selon les méthodes tayloriennes, par exemple pour le pelletage ou le transport des gueuses) et différer aussi de l'*optimum* subjectif (jugé tel par le sujet en expérience). Ce qui serait surprenant d'ailleurs, ce serait la coïncidence de ces *optimum* : on ne voit pas du tout pourquoi ils i raient forcément de pair. La rationalisation physiologique ne se modèle pas toujours sur la rationalisation mécanique, le rythme spontané n'est pas toujours économique.

Il faut bien rappeler que l'*optimum* de la dépense n'est pas le minimum de cette dépense. On oublie parfois de préciser qu'on s'exprime en termes de rendement et que le rendement se définit comme un rapport. Écueil de toute dénomination : on se laisse prendre aux mots. Il semble que ce soit arrivé à de nombreux auteurs. Tel Amar, qui pose d'emblée l'*optimum* de rendement énergétique comme minimum de la fatigue, sans prendre en considération la grandeur de la dépense d'énergie; les réserves de l'organisme lui sont comme un volant de potentiel (Walch), et rien ne dit que l'*optimum* de rendement (déterminé en quelques courts essais) ne va pas s'avérer catastrophique, même du seul point de vue énergétique, en épuisant les réserves, pour peu que le travail se prolonge.

A vrai dire, l'*optimum* du rendement énergétique n'a que la signification d'un compromis. Soula en a étudié expérimentalement les composantes. On peut analyser séparément les deux aspects de tout mouvement volontaire. Le coût de la composante statique croît en fonction du temps. Le coût de la composante cinétique croît très

rapidement quand la vitesse linéaire augmente. Une fois connues quantitativement les lois régissant chacune des composantes, on peut prévoir la situation du minimum de leur somme. Malheureusement, on n'arrive jamais à connaître que des cas particuliers. De plus les techniques d'observation sont beaucoup trop fines pour être utilisées hors d'un laboratoire. Enfin et surtout, c'est là un optimum de la dépense d'énergie musculaire seule. La dépense d'énergie nerveuse n'est pas prise en considération. Or le système nerveux déclenche, retient, active ou freine chaque action isolée tant des muscles agonistes que des antagonistes (mécanismes de facilitation et d'inhibition); d'autres critères sont absolument nécessaires. C'est pourquoi, sachant déjà qu'optimum industriel, optimum de rendement énergétique, optimum subjectif ne sont pas une seule et même chose, nous devons en distinguer encore l'optimum de fonctionnement nerveux et peut-être bien aussi le toujours fuyant « minimum de fatigue ». Et, par-dessus tout, restons en garde contre la notion même d'optimum, beaucoup trop riche en valeur affective.

Deux mots sur le métier de mineur de fond. En raison de l'importance des attitudes spéciales (positions anormales), la composante statique est presque toujours d'emblée très importante. D'un autre côté, toute « fatigue sensorielle » sera lourde de conséquence étant donné la gravité des risques professionnels. C'est pourquoi, ici encore plus qu'ailleurs, les essais en laboratoire ne sont transposables qu'au prix d'extrêmes précautions.

b) Les études dites indirectes de la fatigue se heurtent à de multiples difficultés. Henderson et Mayo admettent que, sauf dans les travaux très durs (mais qu'est-ce qu'un travail très dur?), le niveau de la production dépend bien plus des facteurs sociaux et écologiques que de la fatigue. Lovekin, étudiant la régularité dans le rythme de production, constate ce fait paradoxal que les meilleurs ouvriers sont parfois aussi irréguliers que les mauvais. C'est, pense-t-il, que les ruptures du rythme prennent alors la valeur d'une défense psychophysiologique; et il démontre qu'elles croissent parallèlement à la vitesse de production. Faut-il pour autant renoncer à toute étude de la performance industrielle? Certes non, et tout au contraire. C'est même, croyons-nous, un des objets essentiels à proposer à l'attention du physiologiste et du médecin.

c) Simonson résume récemment le problème des pauses au cours du travail. Il estime que leur longueur et leur distribution doivent être étudiées en fonction :

- du degré de la fatigue physiologiquement définie apparue pendant le travail,
- de la vitesse de récupération,
- de la perte d'adaptation (généralement complète en 20 à 30 minutes).

Ayant supputé les combinaisons de ces 5 facteurs, on aurait encore à les modifier dans le cas de travaux alternants.

Sharp propose de retenir la notion de tension résiduelle. L'heureux effet du repos est contrebalancé par la perte de la facilitation, elle-même liée au rythme particulier des tensions et à la grandeur des impressions proprioceptives. Dans certaines circonstances spéciales on peut ainsi déterminer un temps de repos optimal. Disons seulement que, pour un travail de 2 minutes à l'ergographe, Sharp détermine un temps de repos optimal de l'ordre de 15 minutes.

Rapprochons les conclusions de Sharp des données classiques de la physiologie cardiaque. On dit du cœur qu'il est infatigable. Pour une durée de la contraction ventriculaire égale à 3, le repos sera de 5. L'optimum du temps de repos ainsi évalué s'avère hors de toute proportion avec les réalités industrielles; son seul énoncé prend une allure scandaleuse.

Il ne faut pas confondre pauses obligatoires et « temps supplémentaires ». Simonson discute des « fatigue allowances » calculées en pourcentage d'heure ou de journée de travail. Ce sont des repos autorisés mais nullement organisés. Estimés de façon parfaitement arbitraire, ces pourcentages devraient être soumis à un contrôle physiologique. Car c'est un problème d'une très grande importance économique; comme tel, sa solution présente un caractère d'urgence dont il faut prendre conscience.

On parle souvent de « retour au calme ». Il est très tentant de poser en postulat que le temps de retour au calme renseigne sur la fatigue. De fait, c'est une notion utile en médecine (Lian, Martinet), en biométrie (Brouha, Fortier), en physiologie du sport (Brand, Chailley-Bert). Le médecin traitant comme le biométricien comparent non des travaux mais des individus, ce qui est quand même autre chose. Chez les sportifs, où l'épreuve est par définition unique et la performance très bien définie, on est bien obligé de procéder de la sorte. En physiologie du travail, les travaux sont itératifs, et la constatation du retour au calme, comme la mesure du temps de retour au calme, ne renseignent pas du tout sur la capacité résiduelle de l'organisme. Dans le cas de la performance répétée, le retour au calme n'est plus qu'une apparence (et ici nous anticipons sur nos expériences pour dire qu'elles ont amplement confirmé cette opinion). D'autant plus que, comme Frois le soulignait déjà, la physiologie générale ne connaît pas de loi universelle de retour à l'état de repos. Chaque fonction retrouve son niveau antérieur selon une allure particulière, à des vitesses extrêmement variables (de quelques secondes à une journée ou plus), et toujours asymptotiquement. S'y ajoute la variabilité individuelle. En d'autres termes, la forme et l'aire des courbes de restitution ne sont pas prévisibles dans l'état actuel de nos connaissances. Il appartient aux expérimentateurs d'en entreprendre l'étude

systématique. En posant que le « temps de retour au calme » d'une fonction n'aura de signification que pour autant que seront exactement précisés ses liens avec les performances et avec les niveaux d'adaptation, aussi bien ultérieurs qu'antérieurs.

Nous avons, sans épuiser la bibliographie (et de loin), tenté de préciser la position actuelle du problème de la fatigue industrielle. Nous croyons qu'elle consiste en autre chose qu'un réarrangement purement verbal. L'avenir n'est pas à l'aveu d'impuissance vitaliste, il n'est pas davantage à l'atomisme mécaniciste (1). Il faut renoncer à étudier des entités non définies ou des faits détachés de leur contexte. Le premier stade sera de mesurer des comportements globaux. Le second d'en effectuer l'analyse, afin d'extraire de l'expérience elle-même les concepts opérationnels appropriés; ce seront les grandeurs abstraites dont les variations et les interactions rendront le mieux compte des fluctuations actuellement incompréhensibles des phénomènes observés.

(1) Voici réveillée au passage l'éternelle querelle des dualistes et des monistes. Ne voir dans l'ouvrier au travail qu'un « moteur humain », somme algébrique de processus physico-chimiques (au demeurant mal connus) désarticulés les uns des autres, abstraits de la prise de conscience et désinsérés de leur milieu, telle est l'attitude aujourd'hui classique du matérialisme naïf; cette attitude n'est pas autre chose qu'un dualisme où l'« esprit » est mis entre parenthèses, dualisme en quelque sorte décapité et honteux de soi-même. A notre sens, la physiologie du travail ne peut être que « molaire ».

CHAPITRE II

DISCUSSION DU SYSTÈME A POINTS

Le problème qui nous était posé n'était qu'un aspect très spécial de la fatigue industrielle. Il s'agissait de déterminer les pourcentages de repos élémentaires nécessaires au niveau du rythme optimal de travail. Toutes les définitions nous étaient imposées, et nous devons nous cantonner à l'intérieur d'un cadre rigide préétabli. Dans nos recherches, nous allions nous heurter à des difficultés matérielles telles que l'on peut dire qu'elles constituaient un véritable défi à l'expérimentation. Nous pouvons dire à présent que nous les croyons toutes solubles à plus ou moins brève échéance. Mais, si nous avons dû renoncer à poursuivre au-delà d'une ébauche, c'est en raison d'écueils théoriques rédhibitoires.

Nous aurions voulu nous abstenir rigoureusement de tout jugement sur le système à points, si ce n'est bien entendu sur ses aspects physiologiques qui seuls sont en cause ici. Étant donné les attitudes passionnelles généralement prises sur ce sujet, nous serons cependant contraint d'en dire quelques mots dans nos conclusions générales. Précisons dès maintenant que notre attitude a été constamment et strictement neutre, et que nous ne contestons pas les avantages qu'une application parfaitement honnête du système peut valoir, sous certaines conditions, aux ouvriers comme aux entreprises. Il est indispensable d'initier le lecteur à un certain nombre de notions et à un mode de pensée très particuliers. Nous ne voulons pas encourir le reproche d'un exposé partial. Aussi commencerons-nous par citer quelques définitions extraites des documents banals utilisés pour notre recherche. Ensuite nous citerons quelques passages d'un article publié récemment, beaucoup plus nuancé et nettement différent sous certains aspects.

I. Définitions du système à points

« Le système à points est constitué par un ensemble de méthodes ayant pour objet l'étude et la mesure, la rémunération, le contrôle et la comptabilité du travail humain. » Il « a pour but essentiel l'étude des opérations industrielles en vue de mesurer l'activité de la main-d'œuvre. Toutefois, les mesures doivent être considérées non seulement comme une base certaine de rémunération équi-

table du personnel, mais encore comme un point de départ solide pour la recherche des améliorations éventuelles des installations et des procédés ».

Définitions du point : « Un ouvrier moyen, apte à exercer son métier, c'est-à-dire adapté (ayant les aptitudes physiologiques ou intellectuelles requises), qualifié (ayant acquis par une éducation antérieure les connaissances nécessaires), accoutumé au milieu, aux efforts demandés, s'il est intéressé à déployer une activité élevée, peut effectuer normalement 80 points par heure pendant 8 heures consécutives, en prenant au cours de son travail tout le repos dont il a besoin pour éviter le surmenage et rester capable de satisfaire à la fin de son travail ses obligations familiales et sociales [et] de développer chaque jour, pendant la durée normale de sa carrière, la même tâche, sans altération pour sa santé et son individualité. Ce même ouvrier, travaillant à une allure ordinaire, c'est-à-dire sans accélérer mais sans freiner, effectue 60 points à l'heure. Le point est donc la quantité de travail que cet ouvrier, non intéressé par un système de salaire stimulant, fournira dans la durée d'une minute en prenant le repos nécessaire pour permettre le renouvellement de ses forces physiques et intellectuelles. C'est une unité universelle qui permet d'évaluer aussi bien les travaux de calcul ou d'écriture que les travaux de pelletage ou de roulage. »

« Les opérations industrielles sont évaluées à l'aide d'une unité universelle appelée point et dont la seule définition générale est la suivante : un ouvrier moyen connaissant son métier et travaillant à une allure normale, sans perdre de temps, ni sans chercher à travailler vite, doit effectuer 60 points à l'heure. Le même ouvrier, intéressé à déployer une activité élevée par un salaire à la prime, soutiendra aisément sans surmenage, pendant des années, une allure supérieure. L'expérience montre que l'allure optimum pratique, pour un ouvrier moyen, correspond environ à 80 points à l'heure. On peut donc, en définitive, dire que : le point est la quantité de travail qui peut raisonnablement être exigé par minute d'un ouvrier en échange de son salaire de base. »

« L'unité de travail dérive de la notion de temps, seule base universelle de règlement des opérations industrielles, mais, et ceci est la particularité du système, d'un temps corrigé par 2 facteurs : la vitesse efficace de travail de l'ouvrier [et] le repos nécessaire pour compenser la fatigue résultant du travail considéré. Ces 2 facteurs ne sont pas susceptibles d'être mesurés et ne sont accessibles que par une évaluation. Toutefois l'expérience a montré que les procédés employés permettaient à un personnel convenablement éduqué d'acquiescer et de conserver le sens de l'étalon de travail, avec une approximation toujours suffisante pour réaliser le but visé : appréciation objective correcte en vue d'une rémunération équitable du travail fourni par un ouvrier dans sa journée. »

Détermination des valeurs-points. « L'unité étant définie, l'étude d'une opération industrielle déterminée doit permettre de traduire par un nombre appelé valeur-points la quantité de travail correspondant à l'exécution de cette opération. L'établissement d'une valeur-points nécessite :

- 1° la décomposition de l'opération en opérations élémentaires,
- 2° le chronométrage d'un nombre suffisant d'opérations,
- 3° le dépouillement graphique des résultats des chronométrages et le choix des temps normaux,
- 4° le calcul de la valeur-points après choix du facteur d'effort. »

Opérations élémentaires. « Pour tout travail, le mode opératoire est décomposé en opérations élémentaires, mesurables, homogènes au point de vue fatigue. Cette décomposition est nécessaire pour : l'étude du mode opératoire le meilleur ; réduction de la durée de certaines opérations ou élimination de certains gestes inutiles ; l'appréciation correcte des vitesses et des coefficients d'effort ; la synthèse qui permettra de composer de nouveaux modes opératoires comprenant des opérations élémentaires déjà connues. »

« On est souvent limité, dans la décomposition, par les possibilités des procédés de mesure des temps, et le meilleur fractionnement d'une opération est un compromis que seule l'expérience permet de choisir habilement entre le geste simple homogène et les possibilités normales de chronométrage. »

Chronométrage. « La durée des opérations élémentaires est mesurée... au chronomètre (stop-watch) si elle dépasse 5 à 6 secondes... En même temps qu'il enregistre la durée des opérations successives, le chronométrateur évalue la vitesse de travail de l'ouvrier, suivant une échelle allant de 45 à 85 et même 90. Le 60 correspond à la vitesse normale de travail et le 80 à la vitesse désirable qui est celle d'un ouvrier travaillant rapidement, avec exactitude, mais sans fatigue excessive. Un chronométrage se présente donc sous la forme d'une double colonne de nombres :

- des durées d'opérations, normalement mesurées en secondes,
- des vitesses de travail évaluées.

A titre d'exemple, nous donnons ci-après (tableau 1) un fragment de chronométrage du chargement d'une berline de terres. »

TABLEAU 1
CHARGEMENT D'UNE BERLINE
(Relevé n° V CB/11 du 5 février 1932)

OPÉRATION	Temps	Vitesse	OPÉRATION	Temps	Vitesse
Placer l'étiquette ..	6	70	2 pelletées.....	9	80
Mettre berline en			—	11	
place.....	5	80	—	10	75
Caler berline	7	80	—	9	
Poser lampe.....	7		—	10	
Prendre pelle.....	7	75	—	8	80
1 bloc.....	4	80	—	11	70
2 pelletées.....	8	80	1 bloc.....	7	75
—	9	80	2 pelletées.....	12	65
—	9	75	—	8	80
—	10	75	—	8	80
—	9	75	—	13	65
—	10	75	—	14	65
—	11	75	—	12	
—	10	75	1 pelletée	7	65
—	9	75	1 bloc.....	4	65
—	11	70	—	5	65
1 bloc.....	7	75	2 pelletées.....	11	70
—	5	75	—	11	70
2 pelletées.....	10	70	—	10	75
—	9	70	—	13	
—	10	70	Niveler terres	10	70
—	11	70	Poser la pelle, placer		
—	10	75	la lampe sur ber-		
—	12	65	line	6	70
—	11	70	Rouler la berline jus-		
—	10	70	qu'à la double		
—	11	75	voie	87	80
—	10	75	etc...		

Dépouillement : « Les résultats d'un chronométrage sont analysés par une méthode graphique dite des triangles. Pour chaque opération élémentaire, on porte en abscisse les différents temps observés et en ordonnée le nombre d'opérations ayant eu comme durée chacun des temps. Parallèlement à ce triangle des temps, on construit les triangles des vitesses qui sont simplement les triangles des temps groupés par vitesses homogènes (fig. 2). Le dépouillement permet de voir si le chronométrage a porté sur un nombre d'opérations suffisant, en s'assurant que le report graphique des dernières opérations ne modifie pas la forme du triangle. L'étude critique de cet ensemble permet à un ingénieur expérimenté de choisir avec certitude le temps standard, correspondant à l'exécution de l'opération élémentaire à la vitesse normale de 60. Ce temps est appelé le temps normal. »

« Le temps normal d'une opération est, si T est le temps chronométré exprimé en secondes (résultat de nombreux chronométrages) à la vitesse V :

$$t = T \times \frac{V}{60} = \text{temps chronométré} \times \frac{\text{vitesse}}{60} \quad (\text{en s.})$$

Coefficient d'effort. « L'expérience a montré qu'après chaque effort élémentaire il était nécessaire d'accorder à l'homme un certain temps de repos pour lui permettre de continuer le travail en évitant le surmenage. Le temps de repos, qui est fonction de l'intensité de l'effort, varie d'après la nature des muscles mis en jeu et suivant les conditions locales du travail. Les pourcentages de repos correspondant à chaque genre d'opérations ont été déterminés par approximations successives et aujourd'hui on peut les fournir sensiblement pour tous les travaux possibles. »

« C'est l'unité majorée du % de repos que doit prendre l'ouvrier pour assurer le renouvellement de ses forces physiques et intellectuelles. Il est :

$$e = 1 + \% \text{ de repos} = 1,25 \text{ par exemple.}$$

Valeurs-points. « E étant le facteur d'effort pour une opération élémentaire déterminée... la valeur-points de cette opération a pour expression :

$$V. \text{ pts élém.} = \frac{\text{Temps normal secondes}}{60} \times E.$$

La valeur-points d'une opération industrielle est obtenue en ajoutant les valeurs des opérations élémentaires, compte tenu des fréquences dominantes de ces opérations. La page ci-après (tableau 2) montre comment est établie la valeur de chargement d'une berline de terres. En pratique, on dresse ainsi des tableaux ou des courbes donnant pour chaque travail correspondant à une unité physique contrôlable (par exemple : chargement d'une berline de terres) la valeur-points en fonction des variables définissant ce travail (par exemple : la répartition en blocs et pelletées). »

Point-heure réel. $Pr = \frac{R}{H_0}$. Il représente « le nombre de points réels effectués par heure à points ouvrier ».

Les points réels, R, correspondent « à un travail efficace réellement effectué par l'ouvrier » (ils s'opposent aux concédés).

Les heures à points ouvrier, H_0 , sont « les heures pendant lesquelles l'ouvrier effectue un travail déjà chronométré et que l'on paie avec des valeurs-points. H_0 = heures totales — heures à l'heure — heures d'arrêt. Pendant ces heures, l'ouvrier effectue des points réels R et peut avoir des temps d'attente forcée prévus dans le mode opératoire et exprimés en concédés C ».

PRÉCISIONS SUR LA TECHNIQUE DE MESURE DU TRAVAIL (J. Walsh).

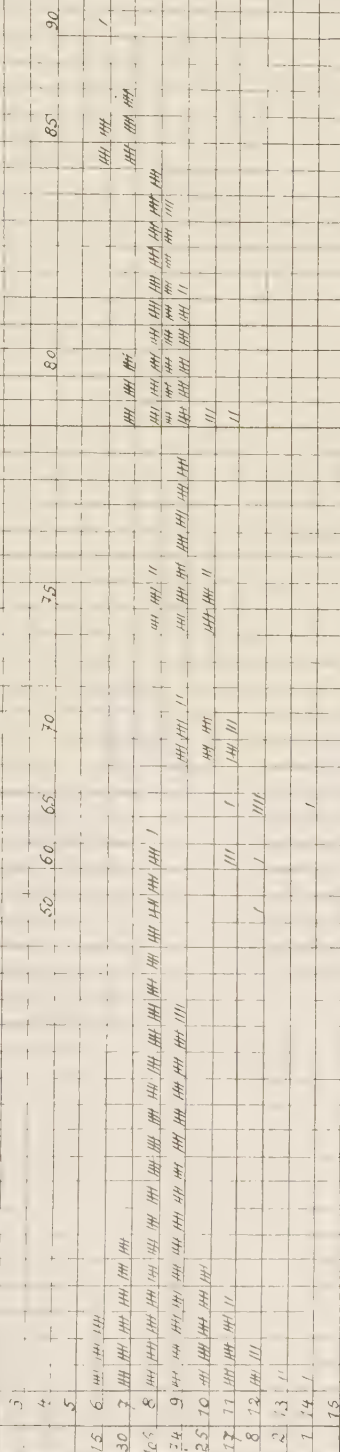
« Croire... qu'une technique quelconque de mesure du travail humain pourrait avoir la précision d'un ensemble d'appareils de physique, jamais mis en défaut et donnant toujours des résultats avec une approximation connue, serait

Chargement des berlines de terres

No. 1138.

Op 4. Pelleter les terres dans la berline

Temps par 2 pelletés Pelle de 30 x 30. Pelletage sur plaques de tôle de 5^{mm} d'épaisseur



Temps normal choisi : 12/60

[illegible]

aussi éloigné de la vérité que mettre systématiquement en doute toute technique de ce genre sous prétexte qu'elle opère sur le travail humain et non sur la matière inerte...

Toute technique de mesure du travail humain devra toujours tenir compte des deux constatations suivantes :

1° Pour exécuter un même travail, tel ouvrier procédera à une allure rapide, tel autre à une allure plus lente; un même ouvrier changera sa cadence suivant sa fantaisie et sa fatigue. La seule mesure des temps d'exécution est donc sans valeur; il faut corriger le temps mesuré en fonction de la cadence d'exécution du travail. C'est une difficulté à laquelle s'était heurté Taylor sans pouvoir la résoudre autrement qu'en établissant ses normes d'après des ouvriers sévèrement sélectionnés; erreur majeure dont il n'a pas compris la portée tant les offres d'embauche de toutes parts réduisaient alors à néant les risques de chômage pour l'ouvrier.

2° Tout travail impose un repos plus ou moins long qui reconstitue la capacité de travail de l'ouvrier à sa valeur initiale, qui reconstitue en quelque sorte son potentiel énergétique, et nerveux le cas échéant. Qu'on le veuille ou non, l'ouvrier prendra du repos; le rôle du technicien devrait constituer en la matière à profiter des études faites depuis Taylor par les physiologistes sur la meilleure façon de prendre les repos et à apprendre à l'ouvrier à les respecter.

Des disciplines récentes ont dégrossi le problème. On y exerce les ingénieurs qui chronomètrent les différents travaux par gestes aussi courts que possible à évaluer les cadences de travail par rapport à deux cadences repères : l'une, la cadence nulle, l'autre la cadence optimum, celle qui, repos nécessaire compris, demande à l'ouvrier le moins de temps pour exécuter telle tâche et se retrouver, ce temps écoulé, sans fatigue résiduelle. L'expérience nous a surabondamment prouvé que, à partir de ces deux repères et après quelques dizaines d'heures de chronométrage, la plupart des ingénieurs arrivent à se créer chacun une échelle de mesure des cadences, et que ces échelles coïncident très correctement d'un ingénieur à l'autre. Ainsi peuvent être déterminés les coefficients correctifs des temps de travail chronométrés pour tenir compte de l'allure de travail de l'ouvrier chronométré.

Il y a lieu ensuite de majorer les temps ainsi corrigés des temps de repos nécessaires. Les mêmes disciplines ont à ce sujet procédé à des études sommaires et fixé des points de repère pour la détermination de ces temps de repos. Pour fixer les idées, signalons que ces majorations varient, pour le travail du mineur, de 5 à 10 % pour les travaux les plus légers à 100 % et parfois nettement plus pour les travaux les plus lourds, le plus souvent entre 20 et 40 %.

Les temps auxquels on aboutit ainsi : Temps chronométré en minutes $\times$ coefficient de cadence $\times$ coefficient de majoration pour repos, donnent l'évaluation des travaux étudiés en une unité de mesure en principe comparable à elle-même.

Sans doute ne s'agit-il encore que d'un dégrossissage du problème, à coups de hache. Des études beaucoup plus complètes s'imposent, par des physiologistes non pas en laboratoire comme c'est trop souvent le cas, mais en liaison étroite avec les ingénieurs d'exploitation. Il s'agira notamment de déterminer avec beaucoup plus de précision les repos nécessaires à la reconstitution du potentiel énergétique et nerveux après exécution de travaux de différentes natures, et chacun d'eux à différentes allures, en sorte que l'on puisse à coup sûr comparer les travaux entre eux. Il s'agira ensuite, et cela est essentiel, d'étudier le comportement, au cours de quelques travaux-types bien choisis, d'assez nombreux ouvriers qualifiés pour exécuter ces travaux, en sorte qu'on puisse étudier la dispersion des ouvriers d'une même profession au regard de l'unité de mesure du travail qui doit être valable pour tous. Si cette dispersion était exagérée, il faudrait consen-

tir, soit à une sélection plus poussée des ouvriers dans chaque profession, soit à renoncer à organiser scientifiquement le travail humain.

Quoiqu'il en soit, les disciplines expérimentales en question sont vraisemblablement dans la bonne voie et peuvent être utilisées, en attendant mieux : étant donné l'adhésion qu'elles ont trouvée chez de nombreux ouvriers, il y a bien plus intérêt à les perfectionner qu'à les jeter par dessus bord, pour chercher des méthodes entièrement nouvelles. Mais il est indispensable de se rappeler constamment que ces disciplines ne sont pas parfaites, d'autant moins qu'elles touchent à la matière humaine et qu'il ne faut pas leur demander plus qu'elles ne peuvent donner. »

II. Discussion

Avant de passer à la discussion détaillée, nous voudrions rassurer l'auteur du texte que nous venons de citer. Son évidente bonne foi ne le garantit pas d'un pessimisme exagéré. Ce n'est pourtant pas parce que le système à points est radicalement étranger à l'esprit scientifique que l'avenir de la science du travail peut être compromis par l'échec du système ! Les théories, dit Claude Bernard, meurent au champ d'honneur ; et il dénonce l'illusion scientiste, comme quoi la vérité tiendrait toute entière dans un état donné de la science. Il y voit une croyance, non au déterminisme en général, mais à une étape de la science considérée comme intangible. C'est un fétichisme de la loi, alors que toute loi scientifique n'a qu'une valeur relative au corps de connaissance du temps où elle est émise.

a) *Comparaison entre les systèmes Taylor et à points.*

Taylor disait faire œuvre scientifique, et montrer la « one best way ». Tout son système repose sur l'assertion que le temps élémentaire est la variable essentielle dans l'étude du travail humain. Et certes, l'étude des temps s'est montrée remarquablement féconde, dans la mesure même où c'est une simplification hardie, éminemment ingénieuse et pratique. Malheureusement pour l'avenir scientifique de son système, Taylor n'a pas vu que cette assertion était un postulat. Et ce postulat méconnaissait la réalité physiologique, psychologique et même économique. Taylor n'a pas créé la science du travail, née avant lui. Mais il en a vu l'intérêt et a su l'engager vigoureusement dans une voie alors nouvelle. Excellent praticien, il n'a su faire œuvre théorique durable ; nous ne lui ferons pas grief de ses erreurs, qu'il était probablement nécessaire de commettre une fois pour apprendre à s'en garder.

Éclairés par l'insuccès final de ce qu'on a appelé le taylorisme, ses successeurs ont cherché autre chose. Le temps élémentaire (1)

(1) Temps élémentaire s'entend ici de temps par opération. Une opération est déjà un complexe de gestes, dont l'homogénéité interne est à peu près nulle. Compromis entre le temps global et le temps par geste élémentaire, le temps taylorien par opération ne devrait pas être dit « temps élémentaire ».

ayant échoué, on coupa au plus court en inventant un second postulat : le travail peut être mesuré en une unité universelle arbitraire. Se souciant peu de savoir si c'était vraiment une unité et a fortiori de vérifier qu'elle était universelle, substituant aux temps chronométrés des évaluations biaisées, on renonça délibérément à se soumettre aux règles de la métrologie comme à celles de la cohérence logique. Loin de dégrossir le problème on l'avait obscurci. Prisonnier de ses étiquettes, quintessenciant à l'infini ses postulats, le système à points, embourbé à mi-chemin du concret et de l'abstrait, débouche dans une impasse.

b) *Les postulats de base sont-ils vraisemblables?*

On nous invite à une étrange démarche : analyser à priori la complexité du réel à l'aide de concepts antérieurs à toute expérience. L'unité universelle de travail est formée par la conjonction de 3 variables arbitrairement choisies, non homogènes entre elles, traitées comme si elles étaient indépendantes (1).

L'inventeur du système, écrit un de ses disciples, « un technicien pressé comme Taylor de réaliser et non de spéculer en savant, a tranché le nœud de toutes ces difficultés sans les résoudre. Mais il faut lui savoir gré d'une solution qui, si elle n'engage pas à faire les études physiologiques... ménage cependant toutes les possibilités de perfectionnement de sa méthode. »

Ainsi le système à points pourrait servir de point de départ pour des études physiologiques, dépassant ce faisant l'intention de son initiateur? Il faut, avant d'en accepter l'augure, étudier la vraisemblance des postulats initiaux.

« S'il est possible de définir une unité de mesure du travail manuel », écrit le même ingénieur, « cette unité doit satisfaire à la double condition d'être valable pour tous les genres de travaux manuels et pour tous les ouvriers. A défaut de quoi elle ne serait qu'une fiction dénuée de tout intérêt pratique ». Ces deux conditions sont en effet nécessaires, elles ne sont pas suffisantes. Nous y ajouterons : il faut que la définition en soit claire et univoque, elle doit pouvoir être retrouvée toujours identique à elle-même, la marge d'erreur sur sa détermination doit être connue. A défaut de quoi elle aura peut-être un intérêt pratique mais restera une fiction dénuée de tout intérêt scientifique.

Une première observation s'impose : jamais aucune détermination ne s'accompagne d'un calcul d'erreur. Poser la question mettra dans l'embarras l'interlocuteur de bonne foi, qui s'aperçoit qu'il

(1) Un rapprochement pourra aider le lecteur. Chacun a entendu parler du loyer dit « scientifique » basé sur la « surface corrigée ». Nous n'ergotons pas sur la valeur de commodité du procédé, mais nous mettons en doute sa valeur scientifique.

ignore en fait tout de l'ordre de grandeur des erreurs à craindre. Il aura conscience d'évaluer par des moyens précaires une réalité flottante, aussi produira-t-il les preuves qui ont étayé sa conviction :

— L'argument d'autorité.

— Le consensus empirique (Pour être convaincu, chronométrez. Quand vous aurez chronométré, vous serez convaincu. Si, ayant chronométré, vous n'êtes pas convaincu, c'est que vous n'avez pas assez chronométré).

— La concordance des observations. Plusieurs chronomètres opérant séparément aboutiraient (nécessairement en principe; en fait : généralement) au même résultat. Voici un argument plus sérieux. Hélas, rares sont les contrôles ! Et, pour notre part, nous n'avons jamais pu en voir pratiquer, a fortiori en pratiquer nous-même avec quelque rigueur.

— La convergence des méthodes, les valeurs-points sont voisines d'autres unités très différemment obtenues. Ainsi du vir-minute, unité proposée par Paul Audibert à partir de la formule de H. Euler. Cet argument est rarement invoqué, c'est pourtant le seul qui nous ait troublé. Nous devons à Jean Audibert une hypothèse fort intéressante. Le fait même de décomposer une estimation complexe en d'autres estimations plus simples portant sur des données différentes élimine une partie des chances d'erreur. Nous ne donnerons pas la démonstration. Mais cette explication est la seule qui rende compte de l'intérêt de la décomposition. De même elle permet d'imaginer pourquoi deux unités arbitraires, atteignant la même limite dans la décomposition en opérations d'un même travail, peuvent procurer le même gain de précision par rapport à une évaluation globale. Ainsi la meilleure justification du système à points ressortirait à ce qu'il a emprunté à Taylor et non à ce qu'il y a ajouté.

Les définitions sont-elles claires et univoques ? On peut aisément mettre en contradiction les documents. Le vocabulaire est fluide. On dira indifféremment vitesse, efficacité, allure, style, adresse ou cadence — de même effort, fatigue ou repos. Les définitions changent sans que changent les valeurs numériques des facteurs. A chaque fois on a eu l'illusion de résoudre une difficulté, à chaque fois on a simplement déplacé la difficulté. Il règne une sorte de croyance irraisonnée et véritablement stupéfiante à un *quid proprium* qu'il ne s'agirait que de saisir intuitivement, une sorte d'alliage de la démission devant la mesure avec le mécanisme réificateur. Car, ce qu'on ne mesure pas, on le chiffre quand même.

c) *L'unité est-elle valable pour tous les ouvriers ?*

On admet à l'heure actuelle que le problème n'a jamais été étudié. Supposons une troupe en marche. A raison de 4,500 km/h, elle « fait du 60 ». Mais le plus grand des soldats se promène peut-être à la

vitesse 40 pendant que le plus petit s'essouffle à la vitesse 90. Marchant du même pas « normal », mais dotés de membres d'inégales longueurs, le premier est très au-dessous de son optimum personnel, le second très au-dessus. On en est réduit aux hypothèses. Il ne serait pas illégitime cependant d'adopter ici le 60 comme valeur moyenne, si l'on pouvait expérimentalement prouver que la presque totalité des militaires se groupent autour de cette moyenne. On peut même concéder que, dans l'industrie, le « turnover » contribue à une sélection naturelle des ouvriers, et que le mode de fixation des prix de tâche peut tendre à distribuer l'activité de la main-d'œuvre à l'intérieur de limites relativement étroites. Néanmoins, l'on aimerait savoir l'amplitude des écarts à la moyenne. Et d'abord ce qu'est au juste cette moyenne. Taylor ne s'y était pas arrêté : Il ne s'intéressait qu'à « l'ouvrier de premier ordre ». On nous vante le grand progrès qu'a été la notion d'« ouvrier moyen ». La définition n'en est pas statistique mais intuitive. Taylor, déterminant le temps normal, admettait une majoration arbitraire du temps minimal. Le système à points propose une majoration analogue : son temps normal est les 80/60 du temps optimal. Le temps optimal n'étant pas scientifiquement déterminé, le progrès, négatif quant à la précision, ne sort en tout cas pas du plan purement verbal.

Le paragraphe ci-dessus était rédigé de longue date lorsque nous avons pris connaissance de documents fort importants. Nous avons donc repris l'examen du problème. Si grave problème qu'il n'a pas échappé à certains techniciens avertis, tel Walch, qui l'énonce fort clairement. Or la plupart des auteurs consultés admettent que la répartition des allures obéit à la loi de Laplace-Gauss. D'autre part, un accord impressionnant se dégage quant au rapport des allures extrêmes : de 1 à 2,25 pour Barnes, Presgrave, Wechsler — à 2,31 pour Maynard — à 2,33 pour le B.T.E. et la R.E.F.A. — à 2,40 pour Ilmonen. Lisons tout simplement dans une table de la distribution normale les conséquences logiques de ces deux propositions :

— Prenons 60 comme moyenne des allures individuelles. L'échelle s'étale entre 35 et 85. La moitié des ouvriers n'atteindront pas ou atteindront tout juste 60 (et seront quand même payés pour 60 points), le 70 ne sera atteint que par 1 sur 10, et 98 % de la population n'atteindront pas le 80. Dans ces conditions, le système à points n'aurait jamais vu le jour, il y a maldonne.

— Peut-être avions-nous mal compris. Le 80 n'est pas seulement l'allure optimale, c'est aussi l'allure normale de l'ouvrier moyen intéressé. Cela nous donne une échelle des allures étendue entre 50 et 110. L'activité 50 sera atteinte par tout le monde, et 60 dépassée par 90 % des ouvriers. Mais la vitesse 90 sera atteinte ou dépassée par le quart des ouvriers (et 100 par 5 % d'entre eux). Chacun sait qu'il n'en est pas ainsi.

— Essayons 70. Échelle de 40 à 100. 85 ouvriers sur 100 dépassent le 60, et 15 % dépassent le 80. Voici qui paraît enfin vraisemblable. Précisons bien que 70 % des ouvriers ne pourront pas dépasser la vitesse 75, parmi lesquels 30 % ne dépasseront même pas la vitesse 65. Mais à quoi correspond ce 70 qui n'est pas prévu dans le système? Bien qu'il ait retenu à d'autres titres notre attention (voir au chapitre VI son caractère « privilégié »), il fait figure d'usurpateur.

Force et bien de constater que le système à points postule des notions incompatibles entre elles.

d) *La mesure des temps de travail.*

L'erreur absolue sur chaque mesure élémentaire est de l'ordre de 1 seconde. Soit. Ensuite vient le dépouillement. Un épais brouillard couvre le procédé de détermination du temps normal. Pour nous en tenir strictement à ce qui nous a été exposé par les membres d'une même entreprise industrielle, le seul point commun semble être la nécessité d'une élaboration statistique rudimentaire. La plupart éliminent les temps jugés anormaux. Après quoi on peut :

- tracer graphiquement le centre de gravité approximatif du « triangle réel »,
- dessiner le triangle idéal que l'on juge le plus approprié, et en prendre le mode,
- dessiner comme ci-dessus et estimer le centre de gravité,
- prendre la « dominante » (le mode) telle qu'on la lit sur le « triangle » réel.

Une divergence de vues analogue se manifeste dans la détermination du temps normal à partir de ce point et des « triangles de vitesses ».

Il est absolument impossible maintenant de savoir (les feuilles de dépouillement ayant été détruites) par quel procédé au juste ont été obtenues, dans cette entreprise, les valeurs-standard utilisées journellement. C'est là une des raisons pour lesquelles le très important labeur de chronométrage poursuivi depuis des années s'est avéré si parfaitement inutilisable pour des recherches précises.

e) *La notion de vitesse :*

La notion de vitesse s'acquiert, nous dit-on, en quelques dizaines d'heures. Après 230 heures de chronométrage, nous avons perdu tout espoir d'y accéder. Nous avons tout juste une idée de sa complexité. Si l'on prend garde au fait que la décomposition des opérations s'arrête aux environs de 5 à 15 secondes, on a donc à apprécier pour chacune des opérations et à traduire en un seul nombre des variables telles que :

- la succession dans le temps et dans l'espace des gestes selon leur conformité au mode opératoire admis comme correct,

- la vitesse linéaire de chaque geste élémentaire,
- les temps d'arrêt et de repos séparant ces gestes,
- la reproduction des gestes selon un rythme plus ou moins régulier,
- la puissance motrice développée et
- le rendement mécanique (puisqu'on tient compte du résultat du travail), ces deux derniers éléments anticipant d'ailleurs sur le « facteur d'effort »,
- l'aspect esthétique (harmonie, style, aisance), etc.

Tout cela bien posé, qu'est-ce que le chronométrateur retient? En fait nous croyons qu'ils se contentent de lire les temps sur son chronomètre et de hiérarchiser les vitesses en fonction de ses lectures, hypothèse que corrobore une pratique très courante : à titre de vérification, on s'assure que les « triangles de vitesses » s'alignent bien, sur une courbe très tendue (voir fig. 2). En somme, on a exprimé tout simplement avec une unité grossière des vitesses cinématiques, en se laissant plus ou moins impressionner par la sueur ou l'essoufflement de l'ouvrier, par un jugement global qu'on porte sur sa capacité professionnelle et par ses propres kinesthésies (induites ou remémorées).

On nous affirme : « L'expérience nous a surabondamment prouvé que... la plupart des ingénieurs arrivent à se créer chacun une échelle des cadences, et que ces échelles coïncident très correctement d'un ingénieur à l'autre. » Et ailleurs : « Ce fait doit donner tout apaisement quant à la valeur cependant subjective de l'échelle des vitesses. » Nous aimerions voir cette belle confiance étayée par quelque compte rendu d'expérience.

Admettons que le chronométrateur ne se trompe pas et que tous les chronométrateurs sont d'accord. Que penser de l'échelle de mesure?

Laissons de côté les cas où l'échelle n'est de propos délibéré pas utilisée. Ainsi le travail au marteau-piqueur, considéré comme travail sur machine (!), est toujours coté 80.

A l'introduction du système, la vitesse normale était 60. D'où la définition donnée dans les deux premiers documents cités. Avec 2 points (supposés correctement définis et directement accessibles à tout expérimentateur) on peut repérer les échelons (supposés quantitatifs). D'où l'échelle construite sur 60 et 80. Depuis sont intervenus un certain nombre de faits nouveaux. Un texte législatif (1) a porté une atteinte indirecte mais sérieuse à l'universalité du « point ». Au lieu de l'activité 60, c'est actuellement l'activité 50 qui sert de base au calcul des salaires. Aussi a-t-on essayé un rétablissement se traduisant par une

(1) Décrets, du 14 juin 1946 (régissant le statut du personnel des exploitations minières et assimilées) et ultérieurs, article 18 (salaires à la tâche).

nouvelle définition de l'échelle de mesure. Voyons en détail ce que cela donne :

« On établirait les courbes suivantes pour un certain nombre de travaux fondamentaux :

— Cas d'un effort imposé (par exemple translation uniforme d'une berline). On porterait en abscisse [fig. 3] le temps de la translation sur 100 mètres, par exemple et sur pente constante, et en ordonnée la vitesse de translation. Le produit du temps par la vitesse étant constant, chaque essai serait représenté par un des points de l'hyperbole équilatère C. A un essai représenté par le point M on ferait correspondre le point M_1 de telle sorte que le temps MM_1 soit égal au temps de repos nécessaire pour remettre l'organisme dans l'état physiologique avant travail, soit pour effacer la fatigue. Le lieu des points M_1 serait une courbe C_1 . Au point O de cette courbe C_1 correspondrait la vitesse de rendement optimum, c'est-à-dire la vitesse à laquelle correspondrait le temps de travail et de repos tout ensemble minimum. Ces expériences devraient être poussées pour des durées d'application du geste variant de quelques minutes à plusieurs heures. » L'extension de ces propositions au cas de l'effort non imposé conduit à définir une nouvelle courbe, « C_2 dont le point O_1 correspondrait à la cadence, à l'effort et au rythme optimum-optimorum, c'est-à-dire au temps de travail et de repos tout ensemble minimum-minimorum pour un travail déterminé. » (Walch) (1).

Nous ne reproduisons pas la courbe C_2 pour ne pas surcharger la figure; elle est d'ailleurs tout à fait analogue à la courbe C_1 .

Plus loin :

« [On] définit alors la vitesse 80 comme celle d'un ouvrier moyen connaissant son métier, qualifié pour exécuter le travail qui lui est confié et désirant travailler, bien servi par l'organisation qui l'entoure et prenant tous les repos dont il a besoin pour éviter le surmenage. C'est somme toute la vitesse de rendement optimum définie par le point O_1 de la courbe C_2 ci-dessus. Bien entendu cette vitesse de rendement optimum est relative à la durée journalière du travail voisine de 8 heures; elle varierait pour des durées de 6 ou 10 heures par exemple. La vitesse zéro s'entendant d'elle-même, l'échelle des vitesses se trouve par là-même définie complètement. La vitesse 60 se définit par exemple comme les 60/80 de la vitesse 80.

On a malgré tout donné de cette vitesse 60 une autre définition : ce serait celle du même ouvrier travaillant sans accélérer mais sans freiner. C'est une définition surabondante mais qui, l'expérience l'a prouvé, n'est pas incompatible avec les précédentes. »

On nous promène d'une notion à l'autre et d'un plan à l'autre. Faute de savoir s'asseoir sur plusieurs chaises à la fois, le lecteur s'empêtre dans un tissu compact d'hypothèses et d'affirmations.

Il nous faut ici ouvrir une parenthèse.

Toute échelle de mesure d'une grandeur mesurable se définit par le choix, soit de deux points, soit d'un point et d'une unité. Ainsi va-t-il des échelles de température. A l'échelle centigrade, définie par rapport à deux points, 0 et 100, a été adjointe l'échelle Kelvin, repérée grâce au zéro centigrade et au degré centigrade (par extrapolation de l'échelle centigrade avec par exemple étalonnage d'un manomètre). Le zéro absolu des températures est une limite, jamais

(1) Document aimablement communiqué à titre personnel.

Définition théorique de la cadence 80

(d'après WALCH)

En trait fin : le temps de travail.

En pointillé : le temps de repos nécessaire.

En trait gras : le temps total effectif.

N.B. : les échelles sont arbitraires.

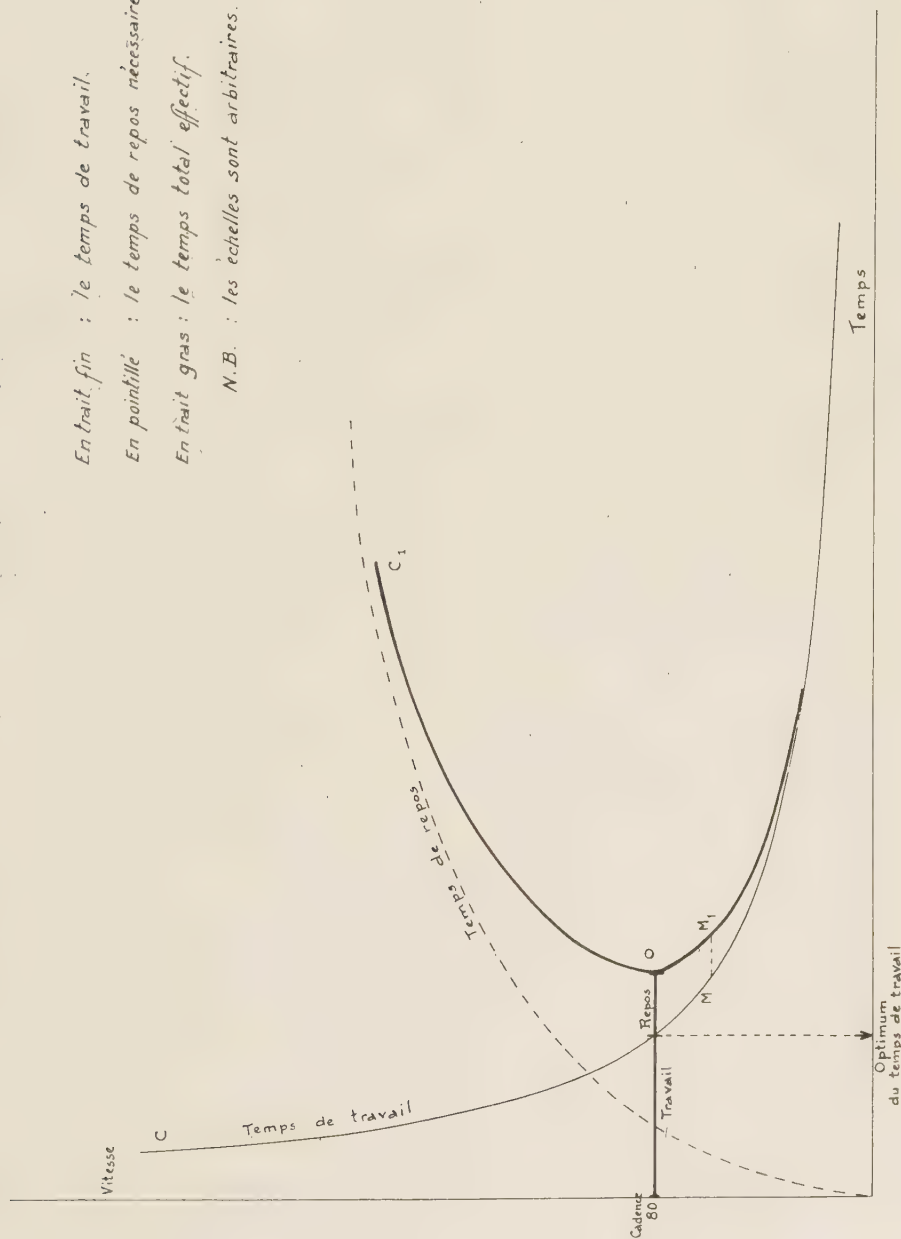


FIG. 3

observée, mais théoriquement déduite. Les degrés Kelvin ont beau être comptés à partir du zéro absolu, ce ne sont pas essentiellement autre chose que des degrés centigrades.

Revenons à nos moutons. L'échelle de mesure des vitesses qu'on nous propose est définie par rapport, d'une part à la vitesse 80, d'autre part à la vitesse nulle. Cela fait deux points, nous dit-on, tout comme pour l'échelle centigrade. Est-ce bien sûr? Le 80, à travers la multiplicité de ses définitions et l'incertitude de ses déterminations, on peut espérer qu'il existe; il n'est pas interdit de spéculer sur lui. Mais nous ne comprenons pas du tout le rôle qu'on fait jouer à la vitesse nulle. « La vitesse zéro s'entendant d'elle-même » (sauf pour un physiologiste : est-ce la mort, le niveau basal, la station debout bras croisés?) on passe outre et « l'échelle se trouve par là même définie complètement ». Que non pas. On n'a rien défini du tout. Car la vitesse zéro est extérieure à l'échelle des temps réels et n'est donc pas observable. Plus grave : par construction même (voir la fig. 3) c'est une limite, jamais atteinte; la courbe des vitesses linéaires ne connaît le zéro que comme asymptote. Encore la figure ne représente-t-elle que la vitesse linéaire, dont on nous dit qu'elle est essentielle à la démonstration : « La courbe C est plus ou moins artificielle, mais si l'on voulait s'en passer on se mettrait dans l'obligation de faire l'étude complète des cadences et des repos et on y a renoncé. » Le zéro des vitesses linéaires est à l'infini, le zéro des « vitesses » n'est nulle part. On a cru fixer solidement une échelle, on a simplement laissé pendre dans le vide une corde lisse. On croit mesurer des températures centigrades, on « mesure » en fait des températures Kelvin sans s'être donné au préalable l'indispensable système de référence. Et cependant on note des « vitesses ». Mais alors comment fait-on? Géométriquement parlant, un point suffirait, permettant de calculer l'équation de l'hyperbole vitesse-temps. Nous imaginons mal le chronomètreur faisant intuitivement le calcul de la constante. Et d'ailleurs ce n'est pas cela. On nous fait entendre immédiatement après ce qui se passe en réalité : « la vitesse 60 se trouve définie par exemple comme les 60/80 de la vitesse 80 ». On se sert d'un point fixe, le 80, et d'un système de référence qui n'est autre que le temps. Le temps normal était défini comme :

Temps chronométré $\times \frac{\text{Vitesse observée}}{60}$. C'est-à-dire que la vitesse

observée $= 80 \times \frac{\text{Temps optimal}}{\text{Temps chronométré}}$. Le chronomètreur n'estime

que des rapports de temps. Si l'on admet l'existence d'un temps optimal (soit intuitivement, soit scientifiquement déterminé), la notation de vitesse perd toute espèce d'utilité. Il suffit de faire après coup, sur le papier, le rapport des temps observés à ce temps optimal. Oui mais, dit-on, il y a le style, l'efficacité, etc. Si c'était exact, non seule-

ment les raisonnements que nous avons réfutés perdraient encore de leur valeur puisqu'ils font état de la vitesse linéaire, mais encore on n'aurait absolument pas le droit de transformer les temps chronométrés par le simple moyen d'une règle de trois.

Résumons cette démonstration, peut-être un peu difficile à suivre, en disant qu'elle met en lumière le malaise qu'engendre la rigidité du système. Il est impossible de s'évader d'une série de contradictions insurmontables; on se condamne d'avance à ne jamais les pouvoir dépasser. On croit saisir la fuyante réalité, on ne fait que se ligoter dans son propre filet :

— ou bien « la vitesse » est une grandeur mesurable, et comme telle peut être appréciée selon une échelle de mesure indépendante du temps. Dans ce cas, la définition qu'on nous propose du 80 comme inverse d'un temps devient illégitime, la vitesse nulle ne signifie rien parce qu'elle n'est pas observée dans la réalité industrielle, et nous n'avons toujours pas d'échelle de mesure;

— ou bien la « vitesse » est une grandeur mesurable mais étroitement liée au temps. La vitesse définie comme l'inverse d'un temps ne laisse aucune place à un jugement de la qualité du travail. L'échelle de mesure et la mesure elle-même sont parfaitement pléonastiques et superflues, il suffit de connaître le « temps » optimal (1);

— ou bien la « vitesse » n'est pas une grandeur mesurable. Une échelle même repérée sur deux points ne suffit pas, il faut plusieurs degrés qualitatifs (du type : échelle de duretés). Et aucun rapport de proportionnalité ne peut être admis (2).

f) *Le pourcentage de repos :*

Il n'est pas suffisamment démontré que l'ordre de grandeur du coefficient de repos n'est pas inférieur à celui des erreurs sur le temps, et à plus forte raison sur le produit du temps par la vitesse. Tout porte à penser précisément le contraire. On évalue le « facteur d'effort » ou « temps de repos » avec 2 décimales; admettons un instant qu'elles soient vraiment significatives; on pourra soutenir qu'on a le droit de procéder ainsi parce que le facteur d'effort est une variable indépendante : supposé connu avec exactitude, le coefficient de fatigue constituerait quand même un gain de précision.

Nous avons trois objections à présenter.

Tout d'abord, aucune investigation physiologique n'apportera le moindre renseignement valable sur la fatigue propre à une opération isolée et désinsérée de son contexte. L'opération, au sens du système à points, ne constitue pas une unité physiologique. Deux opérations identiques du seul point de vue de l'organisation du travail ne sont

(1) C'est en quelque sorte un retour à Taylor.

(2) La méthode de notation par nivellement, d'ailleurs souvent sévèrement critiquée, tient compte dans une certaine mesure de cette façon de voir.

aucunement comparables du point de vue de la physiologie (un exemple extrêmement simple : la montée de 100 mètres d'échelles dans un puits n'est nullement la répétition de 10 ascensions de 10 mètres chacune). La seule solution convenable réside dans des études globales (cf. Lahy) suivies d'une ventilation plus ou moins arbitraire. On est très vite arrêté dans cette voie par la complication extrême des faits; ou bien on va sacrifier des variables importantes, ou bien on va entasser corrections sur corrections et abaqués sur abaqués. Entre un facteur de repos faux par excès de simplicité et un facteur de repos inutilisable par excès de complication, où est la vérité?

La deuxième remarque concerne les relations spécifiques entre vitesses et temps de repos. L'une et l'autre varient en fonction du temps de travail (fig. 3); par conséquent, le temps de repos est uni à la vitesse par une liaison stricte. L'hypothèse comme quoi il existerait un temps effectif total minimal implique une hypothèse sur le temps de repos nécessaire. En effet, la courbe représentative de ce dernier doit obéir à deux conditions. Elle doit tendre au parallélisme avec l'axe des abscisses (pour un effort trop intense le temps de repos devient infini, comme le démontre l'exemple fameux du coureur de Marathon). D'autre part, la courbe représentative du temps effectif (travail + repos) devrait présenter un minimum net, « pointu », sinon on aurait pratiquement les plus grandes difficultés à repérer ce minimum (la tangente verticale à la courbe C_1 ne doit pas se confondre avec elle, faute de quoi on aurait défini une large zone et non un point). Il s'ensuit que la courbe représentative des temps de repos devrait présenter une convexité très marquée du côté de l'axe des ordonnées. On vérifie sans peine sur la figure 3 qu'il serait tout à fait illégitime de considérer le temps de repos comme constant ou comme strictement proportionnel à la vitesse. Le calcul des points de travail a reposé longtemps (sauf pour les cycles) sur la base de la cadence 60; le choix de la cadence 80 comme base aurait dû impliquer donc pour le moins une refonte générale de tous les coefficients de repos déterminés jusqu'à présent.

Enfin, il faudrait savoir ce qu'on entend au juste par temps de repos nécessaire. Puisque ce temps de repos s'entend à la vitesse optimale, nous en renvoyons la discussion au paragraphe suivant.

III. Hypothèses physiologiques issues du système à points

Nous emprunterons à un document intitulé « Vers une unité de travail » (Walch) (1) la définition de l'optimum dont la recherche nous était proposée.

- a) Pour un geste et une vitesse déterminés, il existe un effort à rendement optimum;

(1) Document aimablement communiqué à titre personnel.

- b) Pour un geste et un effort donnés, il existe une vitesse à rendement optimum;
- c) Pour un geste, un effort et une vitesse déterminés, il existe un rythme optimum, c'est-à-dire qu'il y a des temps de repos périodiques minimum qui permettent de soutenir le travail quasi-indéfiniment;
- d) A chacun des couples effort-vitesse pris dans la double infinité de leurs valeurs possibles, on peut faire correspondre un rythme optimum avec repos périodique minimum pour pouvoir soutenir le travail quasi-indéfiniment. C'est le couple et le rythme optimum-optimorum qu'il s'agit de déterminer. C'est à eux que pensait Taylor quand il entrevoyait un manuel des vitesses de travail; c'est par eux qu'on aboutirait à une unité de mesure de travail. »

Une telle définition est beaucoup moins précise qu'elle ne paraît. Car elle fait appel implicitement à des notions physiologiques; et ces notions sont fuyantes et non déterminées. Le rendement optimal, évoqué en *a* et *b*, nous avons fait le point (chapitre I) de ce qu'on peut en penser. Le repos périodique minimal, défini en *c* et repris en *d*, nous en avons ici une définition purement technique; on demande seulement qu'il permette « de soutenir le travail quasi-indéfiniment ». Nous concevons facilement de quoi il s'agit, mais cela ne concerne en rien le physiologiste. Mais voici que, par une nouvelle pétition de principe, on nous explique que ce repos minimal pour soutenir la cadence est aussi le repos physiologique suffisant. Et du même coup on tranche la nature de la fatigue :

« — La première condition posée plus haut à la création d'une unité de mesure du travail comporte qu'on fasse prendre à l'ouvrier des repos qui lui permettent de reconstituer son potentiel énergétique, soit de faire disparaître les effets de la fatigue...

Parmi les causes de variation du potentiel énergétique, soit parmi les causes de fatigue...

— Il nous importe seulement [à nous techniciens] que le repos soit tel que le potentiel énergétique de l'organisme oscille autour d'une valeur constante, exception faite de la réserve en glycogène que l'on reconstitue pendant les digestions après les repas...

— Il semble dans ces conditions qu'il faille chercher des indices caractéristiques du potentiel énergétique (par exemple le pouls, la tension artérielle, l'intensité des échanges respiratoires, la rapidité et la précision des réactions nerveuses, etc., ce serait à des spécialistes de les préciser), dont la mesure permettrait de déterminer commodément l'instant où le potentiel énergétique est reconstitué à la réserve près de glycogène...

... de sorte que le temps MM_1 soit égal au temps de repos nécessaire pour remettre l'organisme dans l'état physiologique avant travail, soit pour effacer la fatigue », etc.

A défaut de vraisemblance physiologique (cette fatigue énergétique qu'on efface à volonté est vraiment bien simpliste), une telle conception a le mérite d'une indiscutable bonne volonté. Elle conduit à des propositions dont l'intention est des plus louables :

« Si de telles études étaient menées à bien, elles permettraient :

- a) de déterminer les efforts et les cadences économiques à observer pour les gestes en question

- b) de préciser les temps de repos à allouer à l'ouvrier pour éviter la fatigue
- c) d'enseigner à l'ouvrier à observer ces efforts, ces cadences et ces repos
- d) enfin de mesurer les travaux étudiés avec une unité comparable à elle-même d'un travail à un autre. Cette mesure serait l'abscisse du point O_1 . »

C'est cette tâche que nous avons accepté d'entreprendre. Plus précisément la deuxième proposition : préciser les temps de repos à allouer à l'ouvrier pour éviter la fatigue. Nous allions heurter de front un insurmontable obstacle : on avait affirmé que pour tout travail le minimum de la somme de ce temps de repos et du temps du travail « correspondrait à la cadence, à l'effort et au rythme optimum-optimorum ». Et d'avance cet optimum-optimorum définissait la cadence 80. Et d'avance la cadence 80 était déterminée par d'autres définitions. Ce qui pouvait n'être qu'une hypothèse de travail s'avérerait un dogme étroitement solidaire de tout le système.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES TEMPS DE TRAVAIL

CHAPITRE III

ÉTUDE A POSTERIORI DE CHRONOMÉTRAGES

Après avoir accumulé un nombre suffisant de chronométrages effectués dans les conditions habituelles, nous avons cherché à exploiter les données ainsi recueillies (1). Dans un premier stade, nous avons étudié la distribution des temps chronométrés, pour savoir si oui ou non on avait le droit de la considérer comme « normale ». Analysant les fréquences par les χ^2 , nous avons été rapidement convaincu de ce que les distributions des temps de travail ne sont pas gaussiennes. Il existe en revanche une assez grande vraisemblance pour qu'elles soient plus proches du type log-gaussien, et ce dans la majorité des cas. Nous n'avons pas essayé nous-mêmes la transformation de Gibrat. Finalement, nous avons renoncé à opérer des transformations sur les histogrammes expérimentaux, en raison surtout du fait que les compa-

(1) Rappelons (en termes trop concis certes pour être rigoureux, mais il ne nous appartient pas de paraphraser les traités *ad hoc*) quelques symboles d'usage courant en analyse statistique et qui vont être utilisés.

Le « σ » est l'écart-type ou écart quadratique moyen (nombreux synonymes); c'est la racine carrée de la variance, elle-même moyenne des carrés des écarts à la moyenne.

On désigne sous les noms de « Test des χ^2 » et de « Test t de Student-Fisher » deux méthodes de calcul à partir des données expérimentales. Les conclusions de ces deux méthodes s'expriment par l'évaluation de « P ».

« P » est la probabilité pour que les résultats de l'expérience aient été obtenus par l'effet du seul hasard. Se fixer un « seuil de signification » de .01 par exemple, c'est décider de rejeter comme douteuse toute hypothèse que le hasard pourrait justifier plus d'une fois sur cent dans l'exemple choisi.

Le calcul de d/σ_d consiste à vérifier si une différence, entre deux moyennes par exemple, est significative. Pour toute valeur de ce rapport supérieure à 3, P est inférieur à .01.

raisons avec les valeurs-points seraient devenues encore plus compliquées.

Partant de l'hypothèse (confirmée d'ailleurs par ce qu'écrivent Allain et P. Audibert) que les temps élémentaires et leur dispersion croissent au cours de chaque poste, nous avons cherché une technique de dépouillement adéquate. Ce « repêchage » dans des chronométrages exécutés à d'autres fins n'était pas très aisé. Après de nombreux tâtonnements, nous sommes cependant parvenu à trois types de représentation acceptables mais valables seulement pour une succession d'opérations presque identiquement répétées : inscription des temps côte à côte après ajustement par moyenne mobile, moyenne et étendue de classe pour des tranches dont le contenu est un nombre constant d'opérations, moyenne et sigma pour des tranches d'égale durée.

Prenons quelques exemples :

a) *Pelletage de terre végétale au jour* : Chronométrage du 20 octobre 1949. Nombre d'opérations : 446. Durée totale retenue : 40 minutes de travail continu. Ouvrier payé à la journée, ayant déployé une activité relativement faible. Dépouillement en 3 tranches. Les histogrammes se déplacent vers les temps longs. Soit en analysant tous les temps, soit en excluant arbitrairement les temps exceptionnels, la vérification par d/σ_d montre que ni les moyennes ni les dispersions ne diffèrent significativement.

b) *Pelletage de terres (1) sur tôle au fond* : Le 1^{er} décembre 1949. Chargement en berlines (2) de 6 hl dans un recoupage (3). Travail presque continu ayant duré 1 h 20 minutes. Nombre d'opérations : 532. L'ouvrier était un herscheur à terres (4) nord-africain, K..., solide, gai et peu assidu. Les figures 4 et 5 montrent comment, après une longue période de « mise en train », les temps augmentent progressivement. A ce phénomène assez régulier se superposent des anomalies marquées à la fin du travail. Il est difficile dans ce cas particulier d'estimer que ce ne sont pas les conditions même du travail qui jouent le rôle le plus important. Un essai de découpage en tranches (2, 3, 4 ou 5) a été finalement infructueux, les coefficients d/σ_d restant inférieurs à 3 et même à 2.

c) *Reculage discontinu* : Chronométrage du 25 janvier 1950. L'ouvrier envoyait à la pelle, dans une glissière de tôle (distance moyenne 1 m, contre-pente de 6°, ouverture 0,77 m, pendage 15°, boiserie à châssis [5]) le charbon au fur et à mesure de l'abattage.

(1) Rocés stériles fragmentés par le tir préalable à l'explosif.

(2) Berline : Wagonnet du fond.

(3) Recoupage : Galerie au rocher reliant les veines de houille.

(4) Herscheur à terres : Manœuvre catégorie II.

(5) Châssis : Bois refendus de 1,50 m espacés de 1 m et perpendiculaires au front de taille.

Temps ajustés
par 2 pelletées

Ajustement par 5 termes

Pelletage de terres continu

Durée totale 1^h20

Pelletage: Durée chronométrée 1^h13 min.
(le reste en travaux divers)



N.B. La courbe est alignée sur la moyenne arithmétique.

Opérations

FIG. 4

Temps par
2 pelletées

Pelletage continu

Moyenne-étendue par classes de 5

Moyennes en haut

Étendues en bas

On a pris pour bases les plus petites valeurs

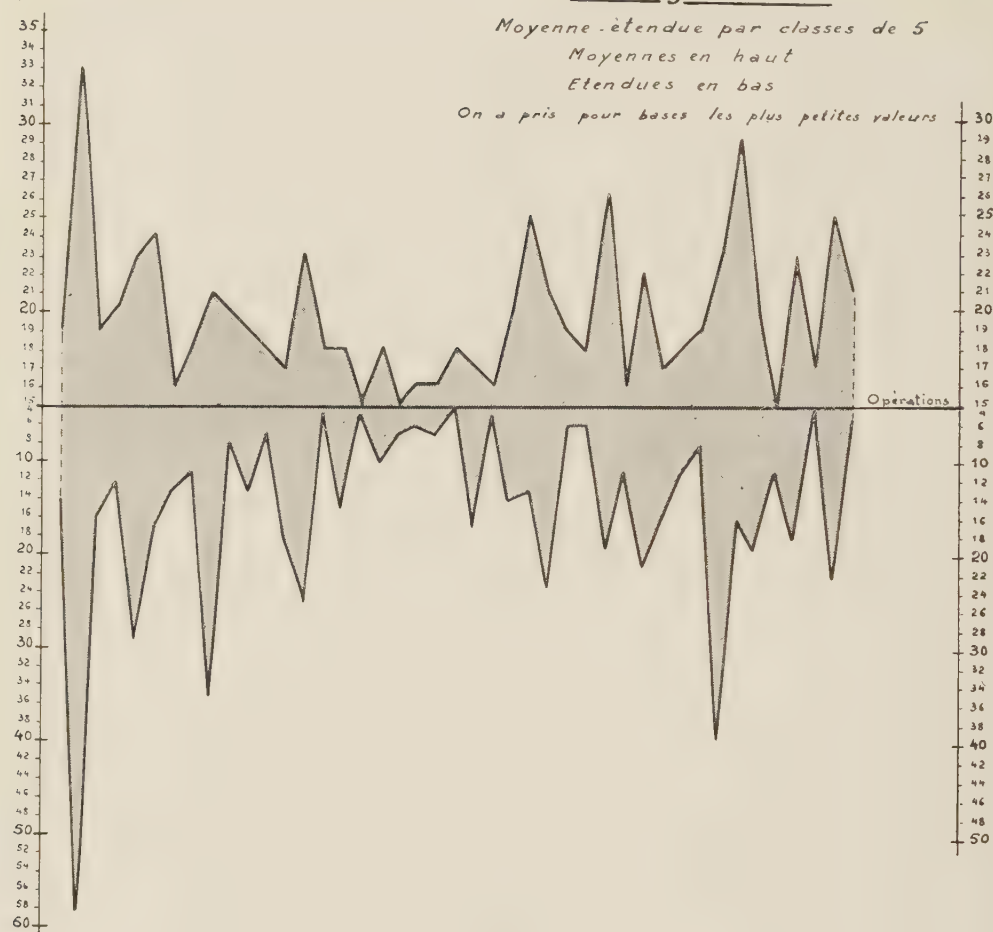


FIG. 5

Le chronométrage a duré tout le poste, mais nous ne retenons ici que les pelletées, irrégulièrement réparties, au nombre de 450 environ, et dont la durée cumulée est de 33 minutes. L'abatteur, H..., est un très bon ouvrier, mais ce jour-là il souffrait de quelques ennuis personnels. Les figures 6 et 7 montrent, après une courte incertitude au début, le travail qui s'accélère puis reste sensiblement au même niveau. Vers la fin du premier demi-poste des anomalies, d'autres plus accentuées à la fin du second. Le briquet (1) semble avoir une influence

(1) Briquet : Collation coutumière consommée au milieu du poste et de durée fixée réglementairement à 25 minutes.

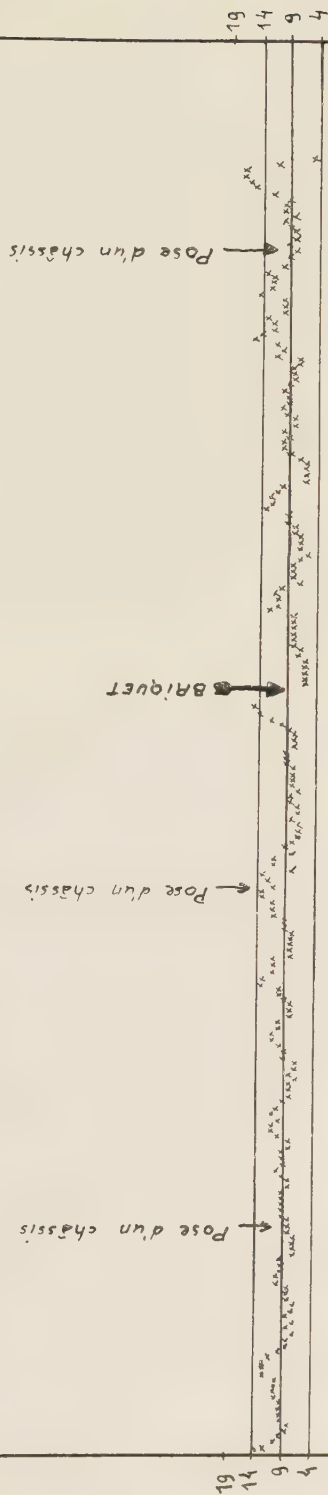
Temps (ajustés)
par 2 pelées

Ajustement par 5 termes

Reculage

Durée totale : 1 poste

Temps de pelletage discontinu : 35 minutes



N.B. La courbe est alignée sur le médian.

Opérations

FIG. 6

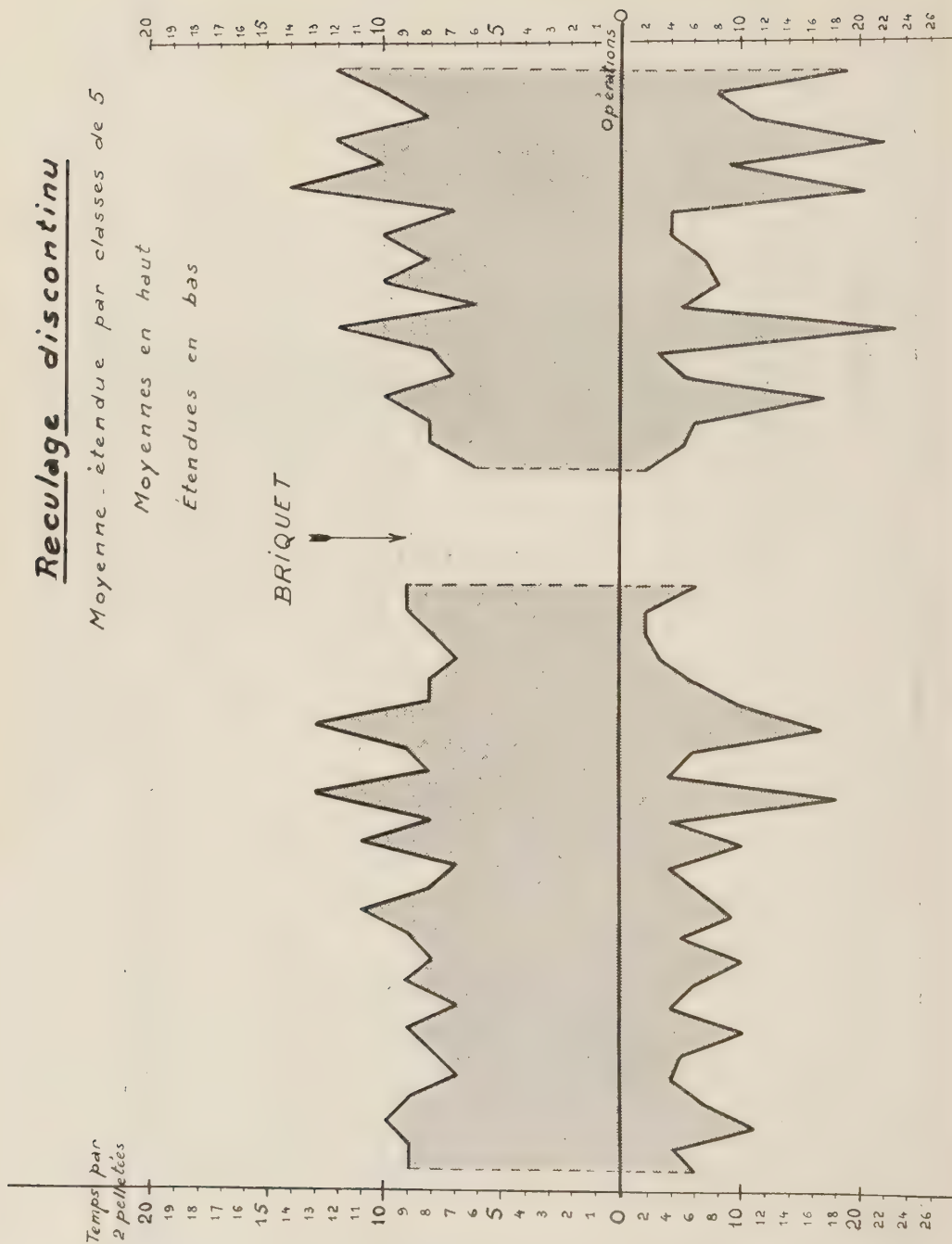
Reculage discontinu

Moyenne-étendue par classes de 5

Moyennes en haut

Étendues en bas

BRIQUET



très favorable. Le travail de boisage paraît constituer un repos relatif, plus efficace que le travail d'abattage au piqueur. Voici qui soulève toute la question de l'alternance des tâches. Là encore nous avons tenté un contrôle sur les histogrammes et leurs caractéristiques, et ce contrôle une fois de plus nous a incité à la réserve.

d) Un type de travail tout différent nous était fourni par une étude de travail sur machine. Le 15 novembre 1949 nous avons chronométré un ouvrier alimentant une *machine à confectionner les*

Machine à tins . 15 . 17 . 49

Pin mélangé de 0,80 .

Temps par bois . tranche par berline .

	<i>Les 4 lots</i>	<i>2 premiers lots</i>	<i>2 lots suivants</i>
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

FIG. 8

tins (1). Ce travail est très « automatisé » par rapport aux précédents, et fournit des histogrammes bien équilibrés (fig. 8). La passe consiste à engager un bois et à le maintenir pendant le travail simultané de trois groupes de couteaux. Nous avons retenu 155 passes, concernant 4 lots successifs de bois comparables (pin de 0,80 m de longueur et

(1) Tin : Type courant d'extrémité des bois de soutènement, souvent préparé d'avance. Synonyme : gorge de loup.

de diamètre sensiblement uniforme); ce travail avait duré 18 minutes 19 secondes, réparties au sein d'opérations plus longues et plus complexes. A notre surprise, la décomposition de la distribution en 2 tranches de 2 lots a fait apparaître une différence notable entre les moyennes (6,60 - 7,05) et les sigmas (1,3 - 1,6). Les histogrammes ont beau se ressembler beaucoup, la déformation est visible, sans que les facteurs propres à la machine ou à la matière suffisent à en rendre compte. Alors que les d/σ_d ne sont que voisins de 2, le χ^2 par classes est significatif au seuil de .01 et le t sur les moyennes au seuil de .001. Il faut ajouter que l'ouvrier était silicosé, et que le travail sur une telle machine impose un effort non négligeable.

e) Un autre essai a porté sur un chronométrage qui nous a été obligeamment communiqué par un ingénieur de l'entreprise. L'on avait observé un galibot (1) affecté à un *culbuteur en bout* (2), situé entre le pied d'une taille et la tête d'une cheminée (3). Nous avons retenu les opérations « engager la balle (4) dans le culbuteur » et « retirer la berline ». Aucune différence n'est perceptible entre les opérations de début de poste et les plus tardives. En effet, le chronométrage avait bien duré 5 h 20 minutes, mais le travail proprement dit n'avait duré que 1 h 30 minutes avec 3 h 50 minutes de repos et d'arrêts. C'est le propre de ce type d'emploi que d'exiger une activité de pointe considérable, alternant avec des attentes importantes — et pour cette raison le paiement en est fait « à l'utilisation ».

f) Nous possédions parmi nos autres chronométrages une étude du travail dans une *lampisterie* de fosse. Si variées sont les opérations, même élémentaires, que nous n'avons pu recueillir une population suffisante de données. De même dans les autres cas.

Pouvait-on alors conclure? Nous n'y avons pas songé. Seule apparaissait la nécessité d'une observation « armée » et préparée, portant sur des travaux aussi bien définis, aussi pénibles et d'aussi longue durée que possible.

(1) Galibot : Apprenti.

(2) Culbuteur : Appareil permettant de vider facilement les balles.

(3) Cheminée : Galerie servant à l'évacuation des produits par gravité.

(4) Balle : Berline pleine.

CHAPITRE IV

TRAVAUX DE FORGE

Les travaux manuels répétitifs sont rares dans les mines. Nous avons pensé aux ateliers centraux du jour. Notre choix s'est finalement arrêté sur la forge, où nous espérions trouver des conditions matérielles favorables.

a) *Reconformation de traverses.* Les traverses de tête, en profilé U, des wagons de 10 t à voie normale doivent être redressées à chaque révision générale. Nous en avons fait préparer un lot et avons obtenu qu'il soit traité sans interruption au cours d'une seule journée de travail. Apportées sur un diplory, les traverses sont enfournées par 2 et chauffées. Une fois portées à la température voulue, les traverses sont portées à bras (sur des leviers) au marbre et redressées l'une après l'autre à la masse et au marteau. Puis une nouvelle paire de traverses est mise au feu, les vérifications et la mise en dépôt de la première paire s'effectuant pendant la chauffe de la suivante. Ce travail, effectué par un forgeron et deux frappeurs, est très pénible tant en raison de la chaleur dégagée par le four à l'ouverture (1 000°) que de la hâte avec laquelle on est contraint d'opérer. Le transport à bras de la traverse rouge expose les ouvriers à un rayonnement intense (en revanche elle ne pèse guère que 80 kg environ, ce qui à trois est acceptable) et il faut la regarder constamment pendant le travail.

Le chronométrage a eu lieu le 28 mars 1950 et nous avons noté le temps nécessaire pour dresser chaque face et chaque bord, et le nombre de frappes. Le nombre de traverses passées en 8 heures a été de 22. Apparemment il faut plus longtemps pour redresser la deuxième traverse de chaque paire que pour la première. De même il faut plus longtemps pour dresser une traverse en fin de poste que pour effectuer le même travail en début de poste. La vérification a été menée au moyen du t de Student. Seule est significative, au seuil de .02, la différence entre les 5 premières traverses impaires et les 5 dernières traverses paires. Mais si l'on en compare 6 à 6, P atteint déjà .08. Tous les autres essais conduisent à P supérieur à .1.

Nous avons attribué ce fait, d'une part à la longue durée relative des activités mineures, le temps de chauffe par paire ayant atteint au minimum 19 minutes et au maximum 53 minutes. D'autre part à la non-identité du matériel : certaines des traverses étaient très déformées, d'autres presque intactes. De plus, leur longueur n'était pas constante : 2,10 m ou 2,30 m. Ce dernier point nous a d'ailleurs suggéré une constatation passée jusqu'alors inaperçue des services techniques. En effet, indépendamment de la qualité du gaz, et en raison seulement de la disposition du four, le temps de chauffage des traverses de 230 est supérieur de 40 % à celui des traverses de 210 (P peu différent de .02).

b) *Griffes de cage*. Nous avons jugé alors nécessaire d'étudier la confection de pièces neuves, strictement identiques, où le temps de travail pénible soit nettement plus important par rapport au temps de travail total, et où n'intervienne qu'un seul frappeur.

Tel fut l'objet du chronométrage du 7 avril 1950, ayant duré 9 heures. Le travail consistait en la préfinition de griffes de cage d'extraction. Habituellement ces pièces sont confectionnées en trois temps successifs :

- ébauche au marteau-pilon à partir du lingot,
- préfinition à la main, avec quelques passes au pilon,
- usinage définitif à l'atelier de mécanique.

A notre intention, il avait été préparé la veille 5 ébauches. Les griffes, en acier à 65-70, pesaient chacune 60 kg, étaient de forme sensiblement ovoïde avec un axe excentré, cylindrique et formant relief. Le frappeur, armé d'une masse de 8,200 kg, percutait les outils tenus par le forgeron et destinés, les uns à trancher les bords à dimension, les autres à rectifier les surfaces, Il faut donner environ 700 frappes par pièce. Nous avons étudié pour chaque opération déterminée (par exemple couper un angle) les variations du nombre de coups, de leur fréquence, de leur efficacité, et également le temps total du travail de frappe pour chaque pièce. Aucune de ces variables, aucune de leurs combinaisons ne nous a apporté la moindre lumière.

Dans ce cas encore, à des périodes d'activité maximale succèdent des attentes pour chauffe et des petits travaux. Le frappeur doit fournir des efforts intenses, mais de courte durée. Nous pouvons dès lors tenir pour assuré qu'il valait mieux s'adresser à des travaux moins spectaculaires mais plus continus. Ceci en fonction des moyens d'observation dont nous pouvions disposer : d'autres méthodes d'étude auraient pu réussir là où le chronométrage seul avait échoué.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE PARALLÈLE DES TEMPS DE TRAVAIL ET DE L'ÉVOLUTION DE DONNÉES PHYSIOLOGIQUES SIMPLES

CHAPITRE V

REPRISE AU TAS A RYTHME LIBRE

I. Dispositif

Nous souhaitons étudier un travail très bien défini, et dont les opérations élémentaires constitutives seraient à la fois très nombreuses et toutes identiques. Nous voulions aussi étudier ce travail plusieurs jours de suite afin d'avoir une idée de la variabilité du même individu (ce qui était absolument nécessaire puisque l'on se proposait d'étudier ultérieurement les différences entre individus). Il était avéré qu'aucun poste de travail habituel ne présentait ces caractères. Mais il fallait cependant absolument éviter de faire exécuter une tâche différente de la réalité industrielle, et l'environnement devait rester vraisemblable.

Nous nous sommes arrêtés à une solution de compromis. Les stocks à terre étaient au printemps de 1950 fort importants, et l'on pouvait organiser une « reprise au tas » sur un carreau dans des conditions acceptables. Il y fallait, outre la coopération d'un ouvrier, celle de ses camarades emballeurs (1); elles ne nous ont pas fait défaut. Le chef de carreau et le délégué nous ont apporté pour leur part un concours très efficace.

Le « tas » représentait une masse de plusieurs milliers de tonnes de houille brute non triée. A l'échelle de la berline, cette énorme masse n'était pourtant pas homogène; à peine à l'échelle de la journée de

(1) Emballeur : Ouvrier chargé de certaines manipulations des berlines.

travail. Cet inconvénient, pour gênant qu'il soit, n'atteignait pas une ampleur telle qu'il rendît l'étude impossible. Le travail consistait à prendre le charbon au pied du tas et à le charger dans des berlines de 9,5 hl (contenant dans ces conditions un peu plus d'une tonne de charbon). A la relative constance des conditions de travail s'ajoutait ainsi la facilité du décompte de la production en unités industrielles usuelles. Pelletage sur béton de ciment, avec une pelle de 35×35 à manche droit (longueur 108 cm). Hauteur des berlines au-dessus du sol 1,30 m environ. Les berlines roulaient sur des rails pour partie noyés dans le béton, pour partie déplacés à mesure des besoins par les ouvriers du carreau. Le chantier avait été organisé de telle sorte qu'il y avait toujours des berlines vides d'avance, et que les balles pleines étaient évacuées facilement. L'ouvrier ne perdait que 30 à 40 secondes pour lancer la pleine, tourner la vide sur une plaque 4-chemins et la rouler (distance maximum 2 m), et son effort était réduit du fait que nous participions à ces manœuvres. Dans ces conditions, il était possible de négliger tout autre travail que le pelletage.

Nous avons d'abord pensé n'effectuer que des chronométrages. Il nous fut demandé d'y adjoindre des mesures d'ordre physiologique. Nous restions fort sceptique, car il fallait tout d'abord ne pas apporter de gêne à l'ouvrier, ce qui amenait à proscrire les mesures fréquentes. Les appareils de laboratoire seraient complètement inutilisables sur un tel chantier, et nous ne pouvions ni ne voulions opérer des prélèvements biologiques dans une atmosphère aussi remarquablement polluée. Restaient les moyens grossiers d'exploration, dont nous pensions que l'imprécision dépasserait de beaucoup l'ampleur des phénomènes observables.

Finalement nous adoptâmes le plan d'expérience que voici : Un compte-minutes bien lisible et suffisamment bruyant devait nous permettre de couper le poste en tranches de 30 minutes. Avant le début du travail, dans tous les intervalles entre deux tranches successives, avant et après briquet, et à la fin du travail nous procéderions à des mesures ne prenant ensemble pas plus de 3 minutes à chaque fois. Ce qui donne : 6 tranches + 7 mesures, briquet (25 mn), 7 tranches + 8 mesures = 7 h 40 minutes. Ce, trois jours de suite. A part le briquet et les arrêts pour mesures, le travail devait se poursuivre sans aucune interruption.

Pour standardiser les mesures physiologiques, nous avons employé trois caisses de dynamite (vides). Nous obtenions ainsi un mobilier de laboratoire à la fois léger et rustique (siège : hauteur 50 cm, largeur 27, profondeur 31 - espace 20 — table : hauteur totale 77 avec un pied de largeur 50 et hauteur 27 et un dessus de largeur 27 et profondeur 31). Dès que l'ouvrier entendait la sonnerie du compte-minutes, il lâchait son outil et venait s'asseoir. Sans avoir perdu plus de 15 à 20 secondes, nous commencions à compter pendant une minute

entière ses battements cardiaques (prise du pouls radial avec contrôle auscultatoire). Immédiatement après le sujet se saisissait d'un dynamomètre elliptique, plaçait son avant-bras gauche à plat sur la caisse supérieure, main en dehors en supination; nous lisions 6 pressions successives. Puis il plaçait son avant-bras droit de façon analogue mais en prenant appui sur le bord cubital, et rattrapait 6 fois (ultérieurement 10) une baguette graduée du type employé par certains psychologues amateurs; la baguette portait deux graduations, l'une en centièmes de secondes (?), l'autre en centimètres.

L'ouvrier étudié, G..., 32 ans, herscheur à terres, choisi par la fosse comme représentatif du « bon ouvrier moyen », robuste Italien du Nord, travaillait au fond depuis 7 mois. Très entraîné au pelletage, il avait manipulé les jours précédents des terres au lieu de charbon, faisant usage à cet effet d'une pelle de type différent.

2. Résultats

Les expériences ont eu lieu les 8, 9 et 10 mai 1950 de 6 h à 13 h 45. A la fraîcheur du matin succédait à partir de 10 h un soleil vif, et propre à gêner surtout un ouvrier habitué à l'égale température du fond. Ces conditions atmosphériques sont heureusement restées très comparables d'un jour à l'autre. Il serait important d'avoir pu évaluer leur influence, mais nous ne disposions d'aucun terme de comparaison.

G... avait été invité à adopter son allure de travail habituelle. En fait, nous a-t-il déclaré, il s'est réglé à une cadence plus lente qu'à l'accoutumée, prévoyant qu'il ne pourrait soutenir de façon continue le rythme rapide du travail discontinu. Au fond, disait-il à peu près, j'ai tant de berlines à charger, et je finis aussi vite que je peux; au bout de 2 heures, je planche ou je cadre sans me presser; ici, j'ai beau aller moins vite, c'est plus dur.

La production totale a été de 26 balles le premier jour, 23 le second, 26 le troisième, répartie par rapport au briquet en 13-13, 10-13, 13-13. Le déficit du début du second jour paraît en rapport avec une combinaison de courbatures et de soucis d'argent; ayant obtenu l'assurance formelle que ses primes de la quinzaine lui restaient acquises, G... retrouva son aisance. De toute façon cette production reste honorable et n'est pas inférieure aux normes courantes.

a) *Les temps:*

Nous avons calculé les temps moyens par 2 pelletées pour chaque tranche (et pour les ensembles) sans retrancher aucune des valeurs expérimentales. L'examen des histogrammes totaux montre une bimodalité que rien ne faisait prévoir. Il a été possible d'en rendre compte : G... tenait sa pelle de la même façon, qu'il soit placé à la droite ou à la gauche de la berline. Ce défaut de symétrie, allongeant

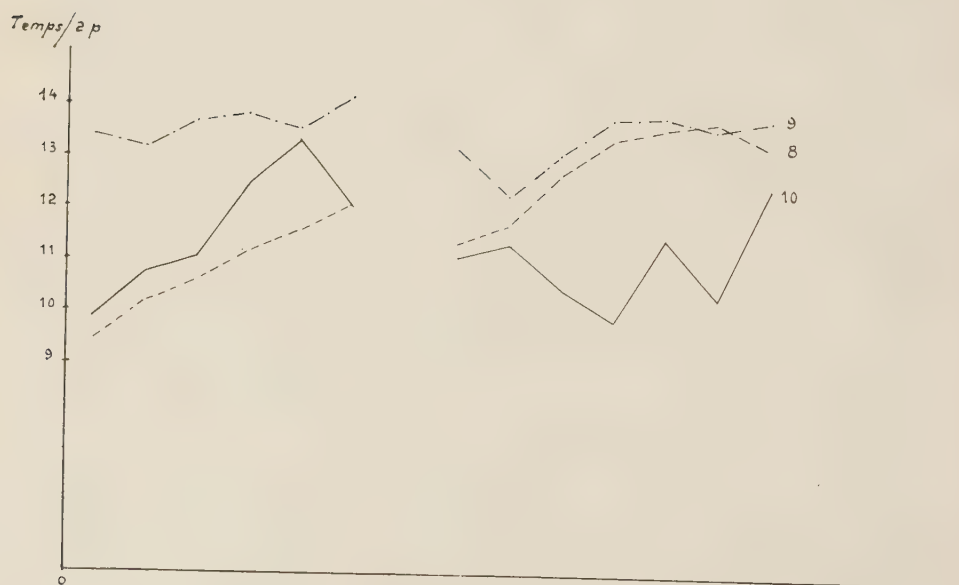
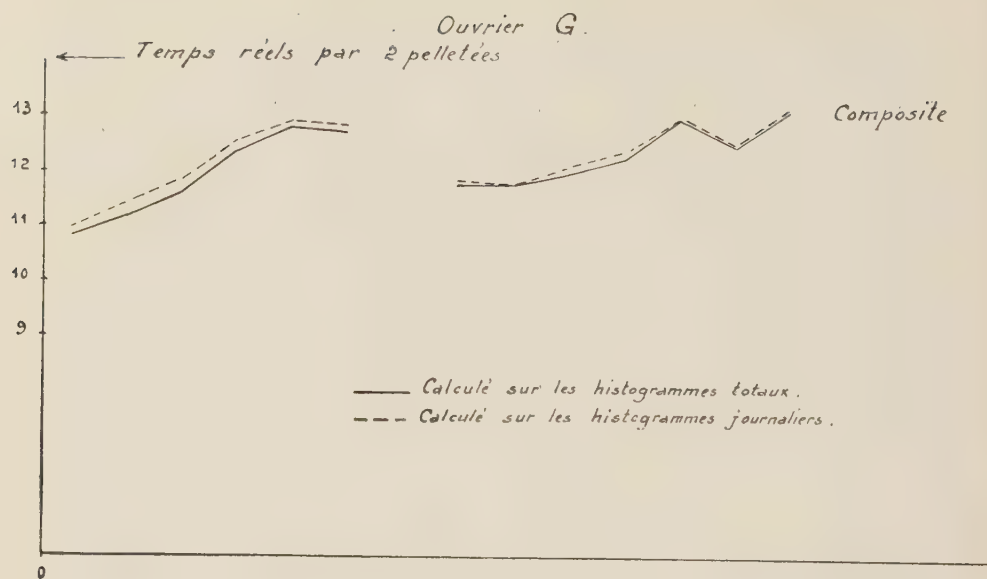


FIG. 9

le temps par 2 pelletées de presque 2 secondes pour le côté défavorable, n'a heureusement pas joué de façon systématique, et la compensation s'en est réalisée sur la courbe moyenne sans artifice de calcul (cf. fig. 9, courbe supérieure). Mais il devrait attirer l'attention sur le facteur de latéralité, trop généralement méconnu au cours des chronométrages.

Nous avons cherché à savoir si le temps de repos relatif constitué par les mesures influait sur les temps par opération; la différence entre 10 premières et 10 dernières pelletées pour l'ensemble des tranches, de 0,35 seconde, n'est pas significative.

D'un jour à l'autre, et pour la même tranche, le temps moyen par 2 pelletées présente des variations importantes, et telles qu'elles exigent les plus grandes précautions dans l'interprétation (cf. fig. 9, courbes inférieures).

Le fait essentiel mis en évidence par la courbe moyenne est que les temps par opération croissent régulièrement au cours du temps. Même dans ce cas, où l'activité était modérée mais presque continue, le repos du briquet ne permet pas un retour à l'état antérieur.

Le second démarrage se fait à un rythme plus lent que le premier, et, tranche pour tranche, les performances de la seconde partie sont inférieures. Ce phénomène ne s'est pas manifesté le 9 (fig. 9 et 11). Ce jour-là, le premier demi-poste avait été effectué à une allure relativement lente, pour les raisons rapportées plus haut.

Entre les temps moyens par opération pour 2 tranches successives, le sens de la variation est très net. Le contrôle montre de plus qu'elle est très significative. On est donc en droit de considérer le fait comme bien établi.

b) *Dispersion des temps :*

Nous avons calculé le sigma des temps par opération pour chaque tranche (fig. 10 à 13). Contrairement à notre attente, la dispersion — bien que plus forte dans le second demi-poste — ne paraît pas constituer un guide efficace. Ses variations dans la durée sont assez anarchiques, et les courbes obtenues à des jours différents ne sont pas du tout superposables.

c) *Production par tranche :*

Nous avons pu l'obtenir de la façon suivante. L'on s'est attaché à confectionner des balles d'égal volume (à 5 ou 6 pelletées près bien entendu), en arasant grossièrement le sommet du charbon au bord de la berline. Les balles chargées en entier au cours d'une même tranche ont été comptées chacune pour 1, les balles incomplètes selon le rapport des pelletées chargées dans la balle pendant la tranche au nombre total de pelletées y ayant finalement pris place. Par exemple :

$$\frac{38}{128} + 1 + \frac{56}{137} = 0,297 + 1 + 0,408 = 1,705 \simeq 1,7.$$

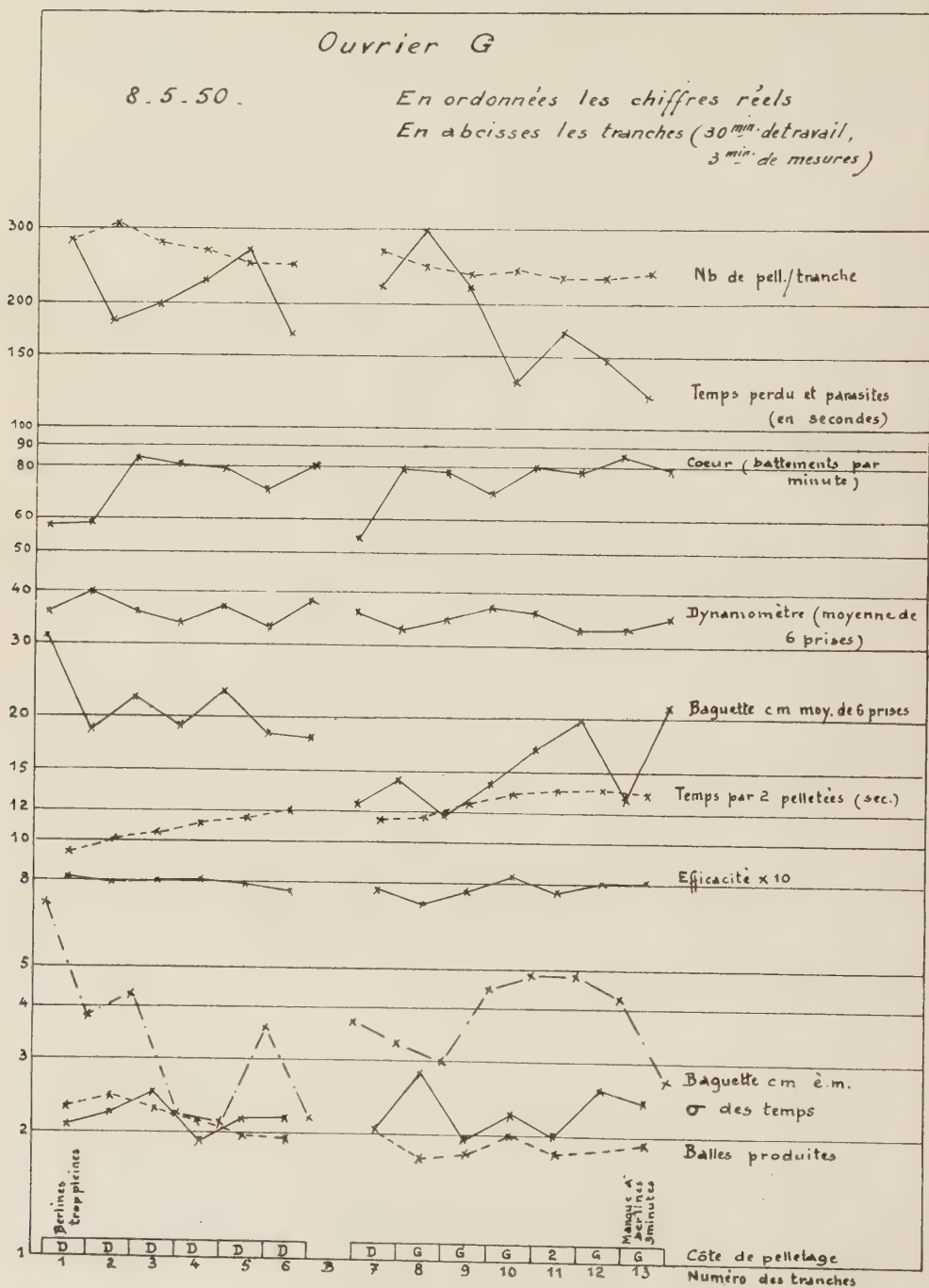


FIG. 10

9.5.50. Soucis de salaire.

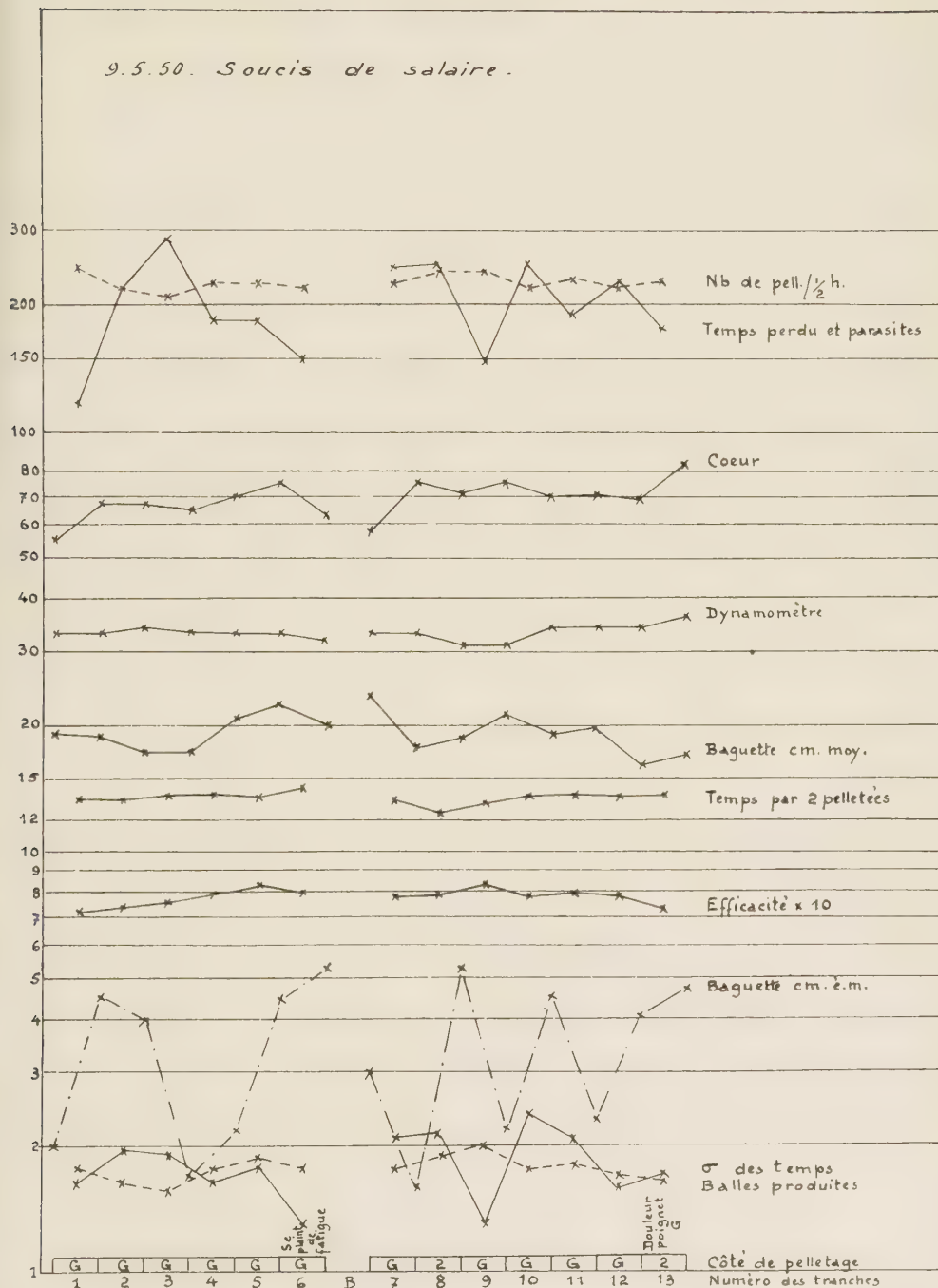


FIG. 11

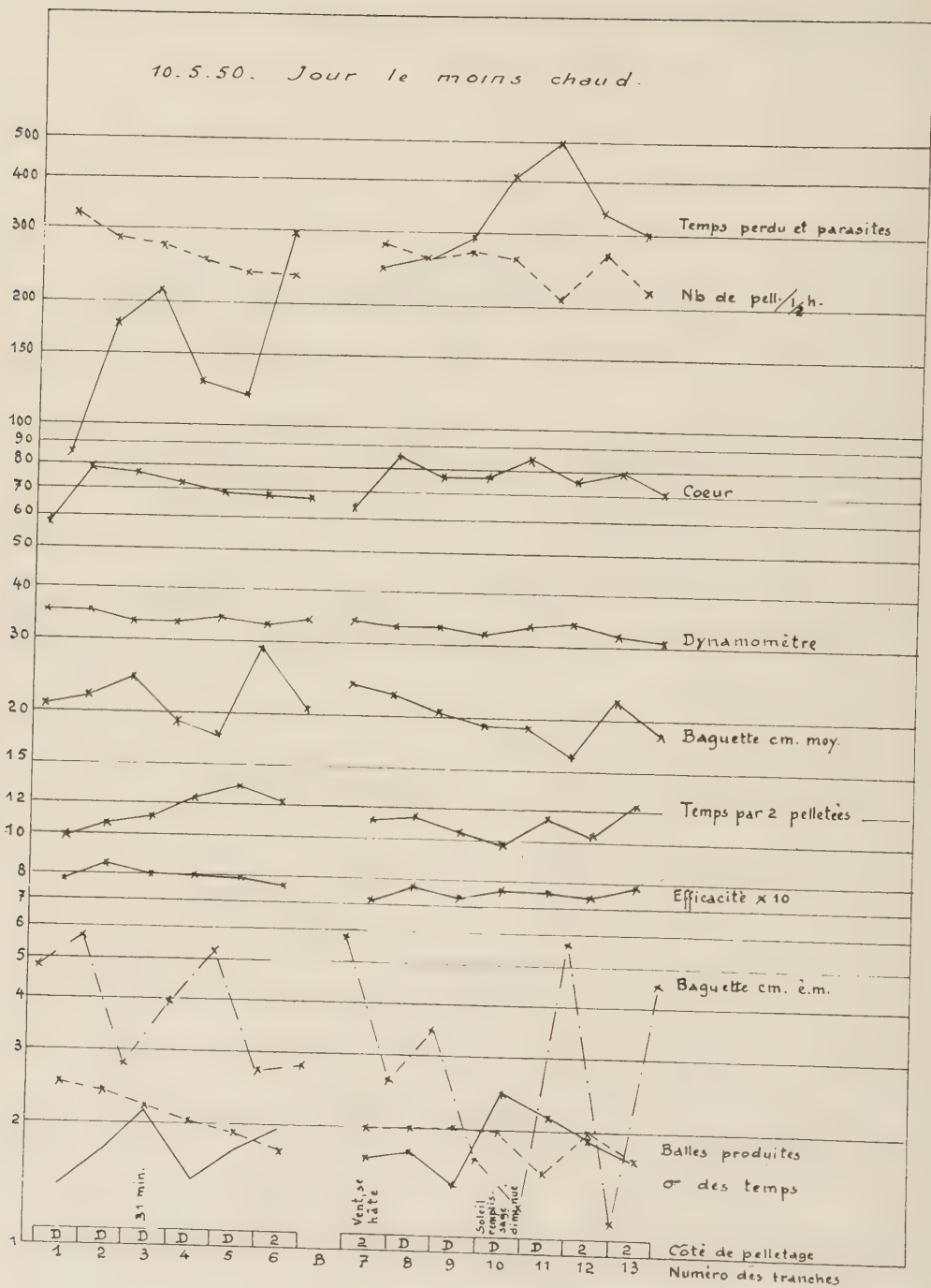


FIG. 12

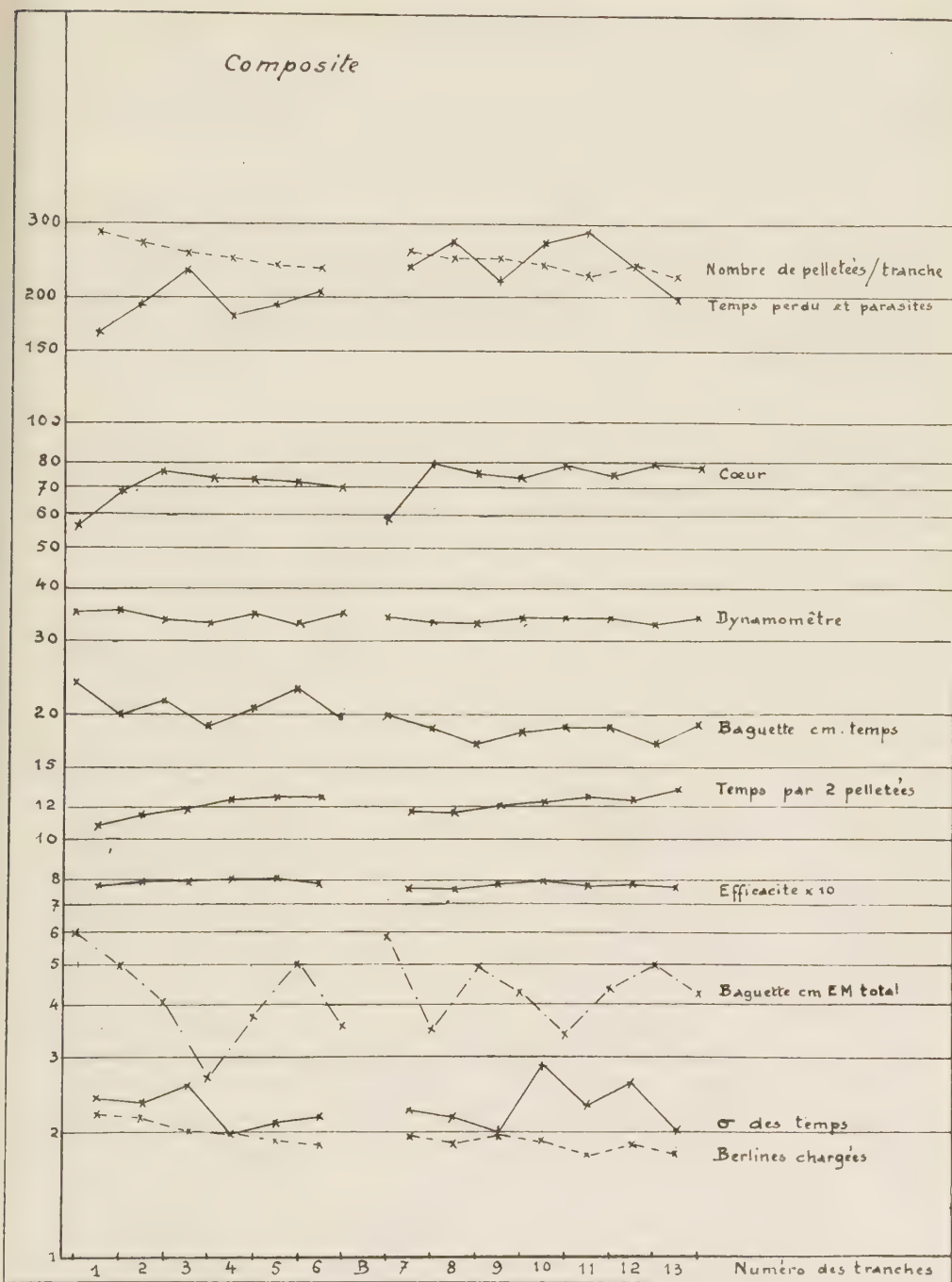


FIG. 13

La sommation des balles par tranches permet de retrouver la production totale du poste.

On constate (fig. 10 à 13) que la pente des courbes obtenues ressemble beaucoup, au signe près, à celle des courbes de temps par opération.

d) *Nombre de pelletées :*

Il s'agit du nombre total de coups de pelle donnés pendant chaque demi-heure (fig. 14). Les rares gaillettes (1) jetées à la main ont été comptées forfaitairement chacune pour 2 pelletées. On voit immédiatement (fig. 10 à 13) que les courbes répondent point par point à celles de la production par tranche, et selon une symétrie en miroir à celles des temps par opération.

e) *Efficacité :*

On sait le rôle que joue cette notion dans la théorie de l'évaluation subjective des vitesses. Nous en avons donc cherché une évaluation objective. Nous avons calculé pour chaque tranche le rapport :

$$100 \times \frac{\text{Balles par tranches}}{\text{Nombre de pelletées par tranche}}$$

Ce rapport varie dans des limites fort étroites (valeurs extrêmes 0,72-0,83). La courbe (fig. 10 à 13) paraît évoluer, tantôt à l'image de la courbe des temps, tantôt à son inverse. L'erreur à craindre sur le rapport d'efficacité s'avérant importante, mieux vaut ne pas interpréter au-delà.

f) *Temps perdu et parasites :*

Nous avons colligé sous cette rubrique les opérations atypiques que le chronométrage habituel ne prend pas en considération. Nous supposons qu'elles pouvaient avoir la valeur de repos partiels ou de signes de fatigue. Sous cette dénomination commune sont rangés aussi bien des gestes tels que boire, se moucher, prendre une chique ou rajuster une savate que des gestes apparemment professionnels tels que râcler le sol avec la pelle ou grimper sur le tas pour le faire ébouler. Nous y avons également fait entrer l'excès sur leur moyenne d'opérations nécessaires telles que le calage de la berline.

Par son disparate même, cette notation est sujette à la critique. L'on peut se reporter aux figures 10 à 13 où elle est portée (en secondes pour chaque tranche) et tenter de se faire une opinion.

g) *Dynamomètre :*

On pouvait espérer contempler soit le phénomène de dynamogénie soit la diminution des performances. En fait, il ne s'est pas passé grand-

(1) Gaillette : Morceau de charbon.

Ouvrier G

Nombre de pelletées par demi-heure.

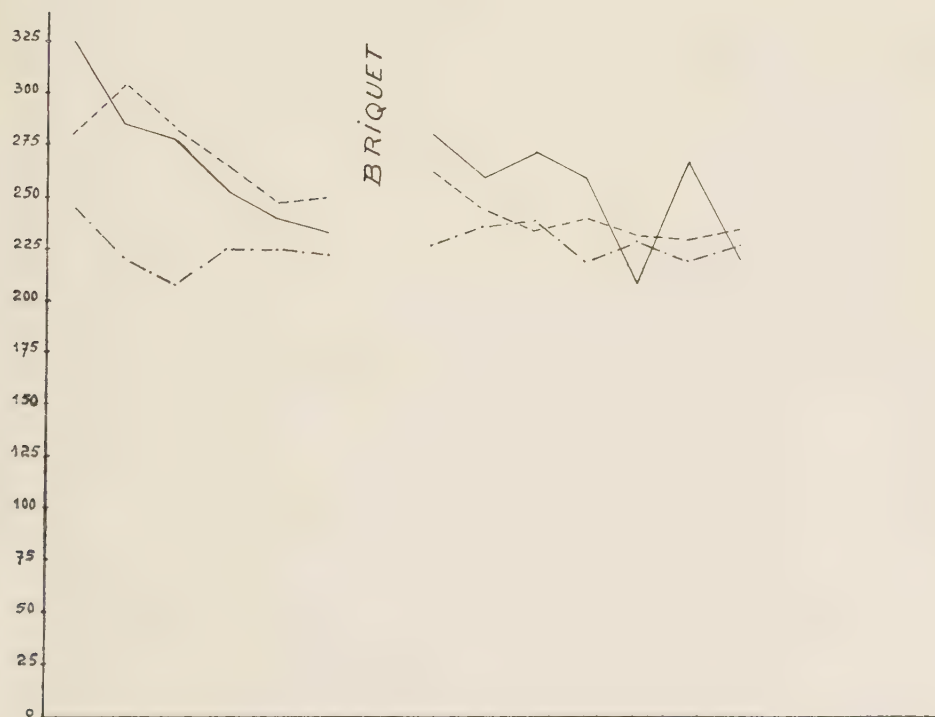
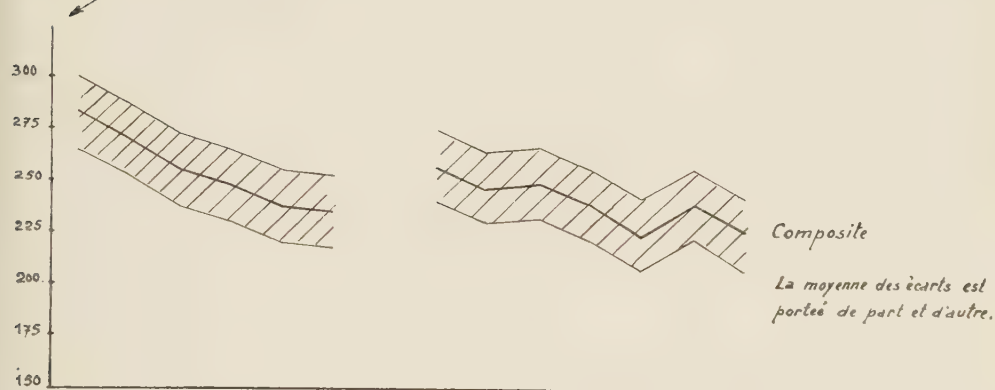


FIG. 14

chose (voir fig. 10 à 13). On sait les inconvénients de ce type d'appareils; il faut y ajouter que le travail n'était pas épuisant. On peut penser à une éventuelle mauvaise volonté du sujet; une telle observation n'aurait d'ailleurs pas manqué d'intérêt, mais en vérité G... se piquait au jeu et nous pensons qu'il a vraiment fait chaque fois de son mieux.

h) *Baguette dite de réaction:*

Les lectures de la graduation en centièmes de seconde se sont montrées (cela va sans dire) remarquablement identiques à elles-mêmes. La graduation en centimètres ne s'est guère montrée plus satisfaisante. La moyenne des prises et la moyenne des écarts à leur moyenne sont reportées dans les figures 10 à 13; les variations sont incohérentes.

TABLEAU 3

Ouvrier G... — *Systoles cardiaques pour des prises d'une minute.*

	Le 8-5-50	Le 9-5-50	Le 10-5-50
Avant tout travail	58	55	57
Fin première tranche	59	68	78
Fin deuxième tranche	85	67	76
Fin troisième tranche	82	65	72
Fin quatrième tranche	80	70	68
Fin cinquième tranche	72	76	68
Fin sixième tranche	81	63	67
Après briquet	54	68	64
Fin septième tranche	80	75	85
Fin huitième tranche	78	72	77
Fin neuvième tranche	70	76	77
Fin dixième tranche	81	70	85
Fin onzième tranche	79	71	76
Fin douzième tranche	86	70	80
Fin treizième tranche	79	83	71

i) *Fréquence cardiaque:*

Les valeurs sont reprises dans le tableau 3 et la figure 15. On ne peut manquer d'être frappé par plusieurs faits :

— Le rythme du second demi-poste est supérieur à celui du premier. Faut-il y voir un effet du seul travail? Ou peut-il aussi ressortir à d'autres causes, telle la digestion? Cette interrogation a plus de portée du point de vue physiologique pur que du point de vue professionnel : ce qui intéresse le physiologiste du travail, c'est la marche des phénomènes liés au travail — et le briquet est une institution professionnelle qui interviendra régulièrement dans toute étude du travail minier réel.

Ouvrier G

Coeur

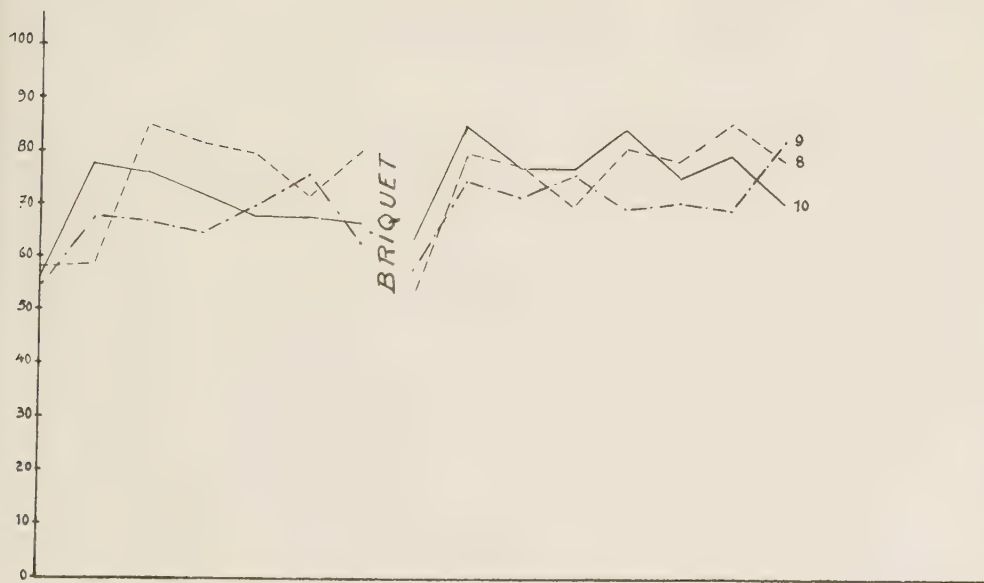
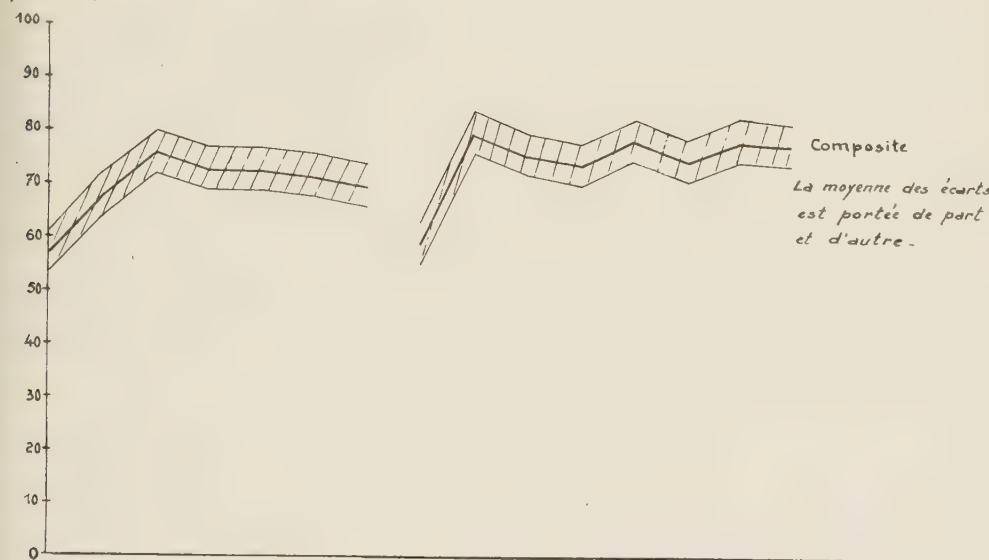
Pulsations réelles
par minute

FIG. 15

— A la fin du briquet, le cœur a repris sa cadence du repos. Et pourtant, dès la fin de la tranche suivante le rythme est remonté plus haut qu'au bout de la toute première demi-heure, et même qu'en fin de la première heure.

Le « retour au calme » serait-il trompeur? Nous avons calculé le t de Student, comparant les fins de première tranche après briquet aux fins de première tranche du début. Le P est légèrement supérieur à .1. La démonstration n'est donc pas rigoureuse. Mais cela ne nous empêche pas d'émettre un avis. Pour nous, le retour au calme ne donne à lui seul aucun renseignement valable sur une possible fatigue résiduelle.

— Chaque demi-poste se situe approximativement en plateau. Cela évoque irrésistiblement le « steady-state » (nous aurons plus loin l'occasion de revenir sur ce point). Mais comment expliquer le fait que le plateau du premier demi-poste n'est pas encore atteint après une demi-heure? A lire les physiologistes, on croit pourtant comprendre que le steady-state s'installe bien plus rapidement.

j) Nous avons voulu juger de l'allure d'une *courbe de travail* en fonction de coordonnées logarithmiques (fig. 16). Ultérieurement, nous avons eu connaissance des travaux de Ward. Cet auteur remarque que l'hyperbole équilatère qu'il lit sur des ergogrammes se traduit dans ces conditions par une droite légèrement descendante dont la pente pourra être dite « angle de diminution du rendement ». On peut décrire notre nuage de points comme semblant buter contre une limite supérieure, qui pourrait être la droite de Ward.

k) Revenons à la figure 13 qui permet d'essayer des rapprochements. On doit reconnaître que, dans ce cas particulier, il y a, aux erreurs d'expérience près, équivalence entre temps par opération, activité exprimée en nombre d'opérations et production exprimée en unités industrielles.

Nous n'avons calculé aucune corrélation. Nous ne disposons que de séries de 39 couples d'observations, ce qui nous a paru trop faible.

La constatation la plus saillante qu'on puisse faire concerne la fréquence cardiaque. Nous avons admis plus haut que le régime de travail avait l'aspect d'un steady-state. On peut observer de plus qu'il apparaît une proportionnalité grossière entre la performance et le rythme du cœur. Mais surtout que ce rythme tend à croître avec le temps alors que la performance, elle, décroît nettement avec le temps. Et nous arrivons à cette conclusion — qu'il serait bien sûr illégitime de généraliser d'après 3 expériences, 1 type de travail et 1 ouvrier seulement — à cette conclusion troublante toutefois que, à deux moments différents, la même performance demande un effort plus grand, même quand cette performance n'est pas exceptionnelle.

Ouvrier G.

Balles chargées
dans l'intervalle.

Echelles logarithmiques.

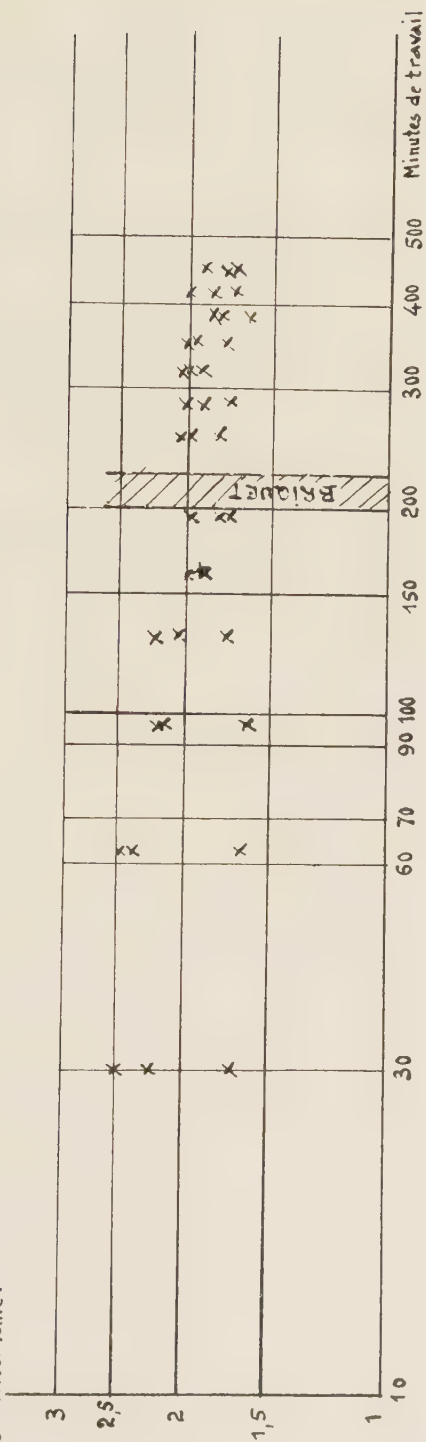


FIG. 16

Le surcroît d'effort, ou plutôt de coût (inconscient), est masqué par la diminution (consciente) de la performance. Ce qui nous conduirait alors à dire : dans la mesure où l'on peut faire confiance à nos observations

— puisque nous avons eu affaire à un rythme de travail considéré comme normal, on ne devrait pas écrire, comme on le fait souvent, que le travail industriel se fait à régime physiologique constant

— puisque des données physiologiques simples montrent qu'un travail considéré comme normal et même un peu faible (« un petit 60 ») s'accompagne de phénomènes progressifs de détérioration, on ne devrait pas dire, comme on le postule souvent, que les repos pris habituellement au cours du travail peuvent suffire à empêcher l'apparition de la fatigue

— puisque l'on ne peut considérer deux opérations professionnelles identiques répétées à des moments différents comme physiologiquement équivalentes, on ne devrait pas, comme on le fait par principe, les taxer d'un « coefficient d'effort » identique

— puisque le retour à l'état antérieur d'une fonction physiologique ne permet pas de juger de la capacité ultérieure du sujet, on ne devrait pas, comme il est si tentant de le faire, assimiler retour au calme et repos suffisant.

Il devenait indispensable d'entreprendre d'autres expériences. De la confirmation ou de l'infirmité de ces conclusions provisoires pouvaient découler de notables conséquences.

CHAPITRE VI

REPRISE AU TAS A RYTHME IMPOSÉ

1. Préparation

Le projet d'organisation de cette série d'expériences se posait dans les termes suivants :

- présenter de nombreux traits communs avec la série précédente de façon à en permettre le contrôle réciproque,
- apporter des renseignements sur de nombreux éléments jusqu'alors laissés dans l'ombre.

Il nous fut demandé, d'une part d'introduire le paramètre « vitesse », clef de voûte du système à points; d'autre part d'étudier systématiquement des combinaisons variées de ces vitesses avec des temps de repos contrôlés. Le but était de déterminer la cadence de travail optimale.

Il fallut donc chercher à évaluer des vitesses. Nous ne pouvions nous résoudre à une notation empirique, à nos yeux dénuée de toute valeur. Nous cherchâmes un compromis, et l'on se mit d'accord sur le principe d'une notation objective quoiqu'arbitraire, qui resterait comparable à la notation orthodoxe, laquelle se veut subjective et non moins arbitraire.

L'accord se fit également sur l'impossibilité absolue de faire reposer l'ouvrier après chaque pelletée. On convint de bloquer les repos en fin de tranche.

Il n'était pas davantage possible de pelleter du charbon une journée durant au son d'un métronome, et l'on ne pouvait attendre d'un travailleur de force qu'il possédât la claire notion du « style » de chacun de ses gestes. Il fut donc décidé que ce serait la production par demi-heure, exprimée en balles, qui servirait de guide.

Dans ces conditions, le choix de l'ouvrier prenait une grande importance. Nous allions lui demander de modifier profondément ses habitudes de travail. Sa coopération devenait indispensable, et nous devions demander à la fosse, non plus un « bon ouvrier moyen », mais un homme à la fois fort et intelligent, accoutumé non seulement

au travail manuel mais aussi à l'auto-observation; ou qui, au moins, accepterait de se plier à tous les détails du plan d'expériences. Il fut décidé qu'il serait rétribué à tarif fixe (1 000 francs quelle que soit sa production).

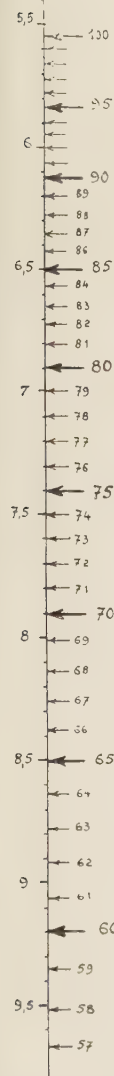
Ces principes posés, un essai préliminaire devait préparer l'étalonnage des vitesses. Sur le carreau de la même fosse que précédemment, la reprise au tas avait beaucoup progressé entre temps, occupant une équipe dotée d'un matériel moins primitif. Pour un jour l'un de ces ouvriers, F..., travailla à la pelle (pelle de 35×35 à fer courbe). M. Nonat, ancien élève de l'École polytechnique, se mit obligeamment à notre disposition et se chargea de cette partie de l'étude. La notation de vitesse issue de ce chronométrage est reproduite figure 17 (partie supérieure droite); elle était valable « à la condition expresse que les conditions restent comparables ». A la réflexion, il a paru que ces vitesses étaient sous-estimées. En effet, la valeur-points du chargement d'une berline au fond est, d'après les rapports-standard (cf. fig. 17, tableau de la partie inférieure droite), de 8,1 points, et celle d'une pelletée de 0,0996 point. Mais ces valeurs (extraites du recueil *Creusement des voies en ferme*) s'appliquent à un travail sur tôle (au lieu de ciment), au moyen d'une pelle au fer plus grand (390×390 au lieu de 350×350) et dans des berlines de plus petite taille (650 l au lieu de 950 l). Au terme de cette comparaison complexe, l'échelle de correspondance entre temps et vitesses qui nous a été fournie, et que nous avons utilisée sans la modifier, est celle qui se trouve reproduite dans la partie gauche de la figure. Précisons qu'il s'agit là de la vitesse apparente, ou à efficacité constante. Nous reviendrons plus loin sur la correction d'efficacité.

Tenant à opérer dans un climat de confiance réciproque, nous avons estimé devoir donner au sujet des détails sur nos intentions (sans mentionner évidemment le sens de variation conséquent des phénomènes attendus), et ne décider définitivement du programme qu'après son accord. Nous y avons gagné une sincère coopération de T..., et nous devons dire ici combien sa bonne volonté et son application nous ont été précieuses. Toutefois cette façon honnête de procéder présente des inconvénients; elle est certainement en partie responsable des fluctuations d'un jour à l'autre de certaines mesures avant travail (par exemple le rythme cardiaque, dont le conditionnement émotionnel et la pré-mise en train végétative ne sauraient être négligés) (cf. Cannon) — et de quelques modifications plus ou moins heureuses dans le régime alimentaire.

Le programme qui nous était proposé comportait deux variables prenant chacune trois valeurs, les expériences devaient donc atteindre le nombre minimum de 9. Il eût été souhaitable de répéter ce groupe d'expériences, ce qui nous menait à 18, 27, 36, etc. Nous avons rencontré de sérieuses difficultés matérielles et sociales à organiser cor-

Echelle utilisée pour la notation des vitesses.

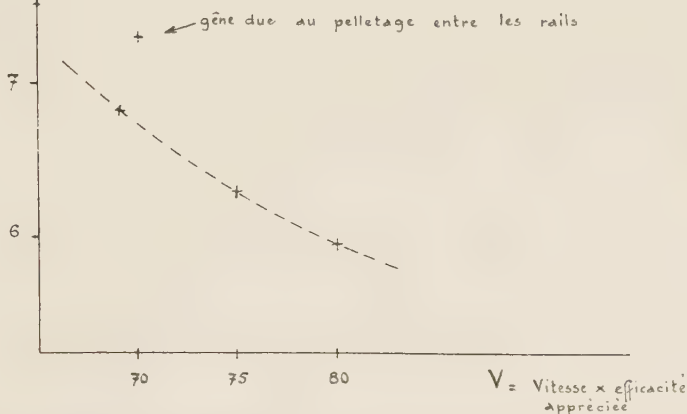
Temps Vitesses



Fosse S. 8.6.50
Reprise au tas - Pelle "Parisienne"

T = Temps
moyen pour
2 pelletées

8 secondes

Extrait du recueil des valeurs. (Pelle de 390 x 390 à bout arrondi, manche droit)

4. Charger la berline

a) à la pelle

b) à la main

5. Egaliser le charbon dans la berline.

Unité	Temps normal sec.	Facteur d'effort	Val. élémentaire	Fréquence	V.P. par berline
1 pel.	4,9	1,22	0,0996	67	6,673
1 gail.	6	1,25	0,125	3	0,375
1 op	14	1,14	0,266	1	0,266

Charger une berline de charbon : valeur-points 8,1

8,073

FIG. 17

rectement une seule série d'expériences; l'exploitation en a été relativement longue. Nous regrettons vivement de n'en avoir pas fait plus. Que nous lapide le premier, qui a toujours plié les événements à sa volonté!

Nous avons adopté un tableau de planification (tableau 4) dont les cases sont remplies, non au hasard, mais de façon à éviter toute succession systématique, que ce soit par rapport aux lignes ou par rapport aux colonnes; c'était prendre des garanties contre les variations des conditions de travail et la possible accumulation de fatigue. Pour la répétition éventuelle des expériences, il aurait suffi de transformations géométriques simples.

Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).				
	15	10	5	
Production imposée par demi-heure (en balles).	2.5	30	19	15
	3	14	1	17
	3.5	20	16	29

DANS LES CASES :
Dates des expériences (ta-
bleau de planification).

TABLEAU 4

La production par tranche d'une demi-heure était fixée à 2,5-3 ou 3,5 balles. Le repos succédant à chaque tranche était de 5-10 ou 15 minutes, sauf pour le repos coïncidant avec le briquet uniformément porté à 30 minutes. Les rythmes ainsi déterminés encadraient largement la zone des allures considérées comme normales.

2. Réalisation

Le chantier mis à notre disposition était le même que pour les expériences précédentes. L'approvisionnement en berlines fut toujours assuré. Malaheureusement les conditions de roulage ne restèrent pas strictement constantes; le 14 juin il fallut pendant 3 h 30 tourner les balles au lieu des berlines (ce qui représente un supplément d'effort

non négligeable); le 19 juin la longueur du roulage des pleines était de 8 m; le 29 juin, les vides devaient être roulées dès le début du poste sur 10 m, et le 1^{er} juillet sur 5 m.

Les circonstances atmosphériques varièrent beaucoup. Le 15 juin une averse violente interrompit le travail, alors que le 1^{er} juillet nous eûmes un soleil ardent.

Le programme des expériences conduisait obligatoirement à répartir irrégulièrement les heures de fin de tranche, de briquet et de fin de travail. Il conduisait de même à se trouver à la même heure devant des efforts très inégaux. Puisque ces variations étaient imposées, on allait recueillir des données affectées simultanément par des variables arbitraires et par des variables aléatoires, ces dernières étant en partie identifiées et en partie incontrôlables. C'est dire l'ampleur des erreurs accidentelles.

La pelle utilisée était neuve; à la fin des expériences son usure était devenue très visible, et sa pénétration moins bonne. Fer à 3 nervures, de 35×35 , dite n° 3 bis. Manche droit, de longueur 1 m et de diamètre 3,5 cm.

L'ouvrier observé, T..., 27 ans, suivait la première année des cours de surveillance. Aide-mineur, il travaillait dans les dressants (1) depuis 6 mois; de ce fait, il n'était pas au début des expériences entraîné au travail de pelletage. Son horaire de travail avait varié au cours des semaines précédentes, il était affecté en dernier lieu au poste de 14 heures à 22 heures. Originaire de l'Eure-et-Loir, en parfaite santé apparente, il n'avait que 4 ans de fond.

Les données recueillies sur le terrain consistaient, d'une part en un chronométrage par 2 pelletées (par secondes entières, avec retour à zéro), d'autre part en une série de mesures encadrant les tranches de travail (comme pour les expériences précédentes) :

- Pouls radial et bruits du cœur (1 minute entière),
- Dynamométrie (10 pressions de la main gauche) aussitôt après,
- Baguette « de réaction » (10 prises de la main droite) aussitôt après.

Les mesures commençaient 15 à 20 secondes après la sonnerie du compte-minutes. Les 3 minutes de mesure étaient incluses dans le décompte du repos de fin de tranche.

Nous y avons ajouté, immédiatement avant le début du travail, et dès la fin des dernières mesures de fin de poste, deux autres épreuves. Dans l'ordre :

— Barrage de signes. La consigne prescrivait de barrer tous les « a » d'un texte imprimé aussi vite que possible sans en oublier. Durée

(1) Dressant : Taille très inclinée (voire verticale). Le charbon est évacué par simple gravité.

de l'épreuve : 2 minutes. Les textes étaient des colonnes du *Journal officiel* consacrées à des listes de noms propres. Nous supposons une diminution du score en fin de poste.

— Step-Test simplifié. Il fallait faire court et ne pas épuiser le sujet dès avant le travail. La durée de l'épreuve était fixée à l'avance afin d'éliminer à coup sûr l'influence de l'éventuelle mauvaise volonté du sujet, et assez brève pour être sûrement respectée dans tous les cas. La durée était donc de 1 minute. Cadence : 1 pas par seconde. Hauteur de la plateforme : 27 cm (une des caisses de dynamite). La fréquence cardiaque était notée à partir de la fin de l'épreuve de la seconde 5 à la seconde 20 et de la seconde 65 à la seconde 80.

Il s'agissait dans ce cas d'une épreuve fatigante par elle-même, standardisée, susceptible de mettre en évidence à la fin du poste, soit une moindre faculté de récupération, soit une plus grande dépense pour un même résultat.

3. Étude qualitative

On ne sera pas surpris d'apprendre qu'elle ne pouvait à elle seule permettre de conclusions bien fermes. Les impressions de l'ouvrier, dont quelques-unes sont notées dans les tableaux 5 à 13, pour intéressantes qu'elles soient, devaient être confrontées à d'autres réalités. Nos propres observations ne présentaient aucune précision. C'est ainsi que des signes apparents de fatigue, tels que l'introduction de la pelle en deux temps, les modifications de la statique, le déficit dans la coordination des mouvements, l'extension des participations motrices, les manifestations vaso-motrices n'apparaissaient jamais d'emblée constitués, au-delà d'un seuil — mais se sont manifestés tous les jours et à toutes les heures; et leurs modalités ou leur fréquence ne différaient que par des nuances insaisissables.

Quelques évidences cependant :

- Le 14, premier jour d'expérience, T... manquait visiblement d'entraînement. On a pu saisir sur le vif le phénomène du transfert de l'entraînement. Le « rodage » a été en effet rapide, puisqu'il a paru terminé dès avant la fin du poste.
- Le 29, jour de l'allure maximale avec repos minimal (3,5/5), nous avons dû renoncer à poursuivre à l'orée de la cinquième heure de travail. T... était disposé à travailler jusqu'à ce que la pelle lui tombe des mains, mais nous n'avons pas cru utile d'en arriver à ce point (voir tableau 11).
- Le 30, jour de l'allure minimale avec repos maximal (2,5/15), l'ouvrier avait peine à se ralentir suffisamment et ses « démarrages » manquaient d'élégance.

Date : Mercredi 14-6-50. Rythme : 3/15. VMN moyenne pour le poste : 69. Repos effectif : 40,7 %. Repos standard : 35,4 %.
 Point-heure réel : 59,21. Step avant travail : 20-17. Step après travail : 30-23. Barrage avant travail : 47. Barrage
 après travail : 59. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 123. Travail + repos par 2 pelletées : 13,03.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 38,0. Baguette, moyenne des après travail : 16,2-3,9.
 OBSERVATIONS : Manque évident d'entraînement. Commencé en retard (organisation).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0											
1	30	2,7	0	72					382	16,7	6,1	Doit virer les berlines pleines en raison de l'état du chantier.
2	75	2,6	5,3	112	82	8,45	68	1,25	396	13,9	3,7	
3	120	2,9	8,2	124	93	8,52	66	1,39	400	16,6	5,0	
4	165	2,8	11,0	126	95	8,06	70	1,27	396	16,5	2,8	Vent et pluie.
5	210	2,4	13,4	125	88	8,12	68	1,08	371	18,0	4,4	
B	240	—	—	83	—	8,59	61	1,46	376	18,0	3,4	
6	270	2,6	16,0	135	98	—	—	—	354	13,0	5,2	Meilleure organisation (ne vireira plus que les vides).
7	315	3,0	19,0	142	112	8,83	65	1,76	382	14,8	4,2	Pluie.
8	360	3,0	22,0	120	113	7,60	71	1,46	363	13,9	4,1	Soleil.
9	405	3,0	25,0	122	113	7,65	69	1,22	382	14,9	3,3	
					119	8,08	70	1,23	354	19,6	4,4	

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé ($1,55 V + 4,51 B - 25$).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS
DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,050	+ 0,005
Sur la production cumulée.....	+ 0,055	+ 0,006

Date : Jeudi 15-6-50. Rythme : 2,5/5. VMN moyenne pour le poste : 59. Repos effectif : 18,8 %. Repos standard : 19,1 %.
 Point-heure réel : 63,66. Step avant travail : 23-21. Step après travail : 23-17. Barrage avant travail : 59. Barrage
 après travail : 69. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 92. Travail + repos par 2 pelletées : 12,12.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 35,7. Baguette, moyenne des après travail : 17,1-3,4.

OBSERVATIONS : Pluie ayant causé un arrêt d'un quart d'heure.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0	—	—	77	—	—	—	—	332	16,6	3,6	Gastralgies. Crampe du poignet. Froid. Temps couvert.
1	30	2,7	2,7	95	79	8,02	66	1,74	363	15,1	3,7	
2	65	2,3	5,0	83	78	9,10	63	1,49	351	17,4	2,9	
3	100	2,5	7,5	89	74	9,26	58	0,93	370	14,7	4,4	Pluie violente. Tranche réduite à un quart d'heure.
4	135	2,5	10,0	82	81	8,89	60	1,40	374	14,4	1,7	
5	155	1,3	11,3	—	—	8,90	61	1,11	—	—	—	
6	200	2,7	14,0	93	93	9,32	64	2,10	384	16,9	4,7	Temps couvert. Vent.
B	230	—	—	75	—	—	—	—	344	17,4	5,5	
7	260	2,6	16,6	102	91	9,02	60	1,17	344	17,3	3,5	
8	295	2,5	19,1	92	92	9,26	58	1,50	354	17,9	3,5	Temps couvert.
9	330	2,4	21,5	94	91	9,30	55	1,44	354	19,3	2,8	
10	365	2,5	24,0	88	101	9,32	59	1,76	331	19,3	4,2	
11	400	2,6	26,6	92	110	8,87	62	1,24	352	16,6	2,5	Vent.
12	435	2,4	29,0	97	109	9,02	59	1,18	353	19,1	3,5	

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé (1,55 V + 1, 51 B - 25).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS
DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,016	- 0,011
Sur la production cumulée.....	+ 0,016	- 0,022

Date : Vendredi 16-6-50. Rythme : 3,5/10. VMN moyenne pour le poste : 75. Repos effectif : 28,3 %. Repos standard : 22,6 %.
 Point-heure réel : 75,79. Step avant travail : 22-16. Step après travail : 27-26. Barrage avant travail : 63. Barrage après travail : 57. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 107. Travail + repos par 2 pelletées : 10,18.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 36,0. Baguette, moyenne des après travail : 17,1-3,3.
 OBSERVATIONS : L'ouvrier est gêné quand il doit travailler à droite de la berline.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0	—	—	64	—	—	—	—	364	13,8	4,8	Petite plaie palmaire.
1	30	3,6	3,6	95	107	5,97	84	0,81	355	12,8	3,7	
2	170	3,4	7,0	87	117	6,10	87	0,91	355	16,2	4,4	
3	110	3,4	10,4	92	113	6,54	81	0,85	372	13,7	2,9	Ordre de faire les balles moins pleines.
4	150	3,4	13,8	104	117	6,38	80	0,83	364	19,9	4,5	
5	190	3,2	17,0	105	121	6,69	79	0,96	370	19,2	2,6	Soleil.
6	230	3,2	20,2	115	118	6,98	74	0,92	358	16,4	2,9	Soleil intense.
B	260	—	—	69	—	—	—	—	337	19,4	3,7	Légère arythmie (vient de fumer).
7	290	3,1	23,3	116	121	6,88	73	0,86	344	16,8	2,0	Soleil très intense.
8	330	3,0	26,3	124	124	7,24	72	0,99	371	17,0	4,8	Chaleur.
9	370	2,9	29,2	114	121	7,37	67	0,93	351	20,5	2,9	Visiblement fatigué.
10	410	3,2	32,4	120	138	7,15	75	0,80	362	18,4	2,5	

Légende des colonnes :

- 4 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé (1,55 V + 1,51 B—25).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE		
	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,086	— 0,041
Sur la production cumulée....	+ 0,078	— 0,037

TABLEAU 7

Date : Samedi 17-6-50. Rythme : 3/5. VMN moyenne pour le poste : 70. Repos effectif : 16,4 %. Repos standard : 14,1 %. Point-heure réel : 73,65. Step avant travail : 22-16. Step après travail : 24-25. Barrage avant travail : 74. Barrage après travail : 61. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 100. Travail + repos par 2 pelletées : 10,45. Dynamomètre, moyenne des après travail : 34,6. Baguette, moyenne des après travail : 19,7-3,1.

OBSERVATIONS : Un petit arrêt de travail.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0	—	—	67	—	—	—	—	377	17,9	2,3	Petites plaies index et médus D. Apparement pas de fatigue résiduelle.
1	30	2,8	2,8	90	79	7,60	66	1,47	372	17,0	1,6	Poussière.
2	65	3,2	6,0	90	96	7,22	74	1,42	366	18,5	3,5	Temps frais.
3	100	3,2	9,2	91	106	6,98	77	1,11	375	19,4	3,1	Légère arythmie (tune).
4	135	2,8	12,0	90	93	7,48	66	1,11	359	18,2	3,2	5 mn de travail, arrêt 5 mn, reprise d'une tranche complète.
5	170	2,9	14,9	99	98	7,42	66	0,94	359	17,9	2,1	Soleil.
6	205	2,9	17,8	103	102	7,71	66	0,84	331	18,3	4,3	Paraît plus fatigué que la veille.
B	235	—	—	78	—	—	—	—	311	20,8	3,6	
7	275	2,8	20,7	108	113	7,13	70	0,53	317	20,9	2,9	
8	310	2,9	23,6	108	108	8,02	64	1,39	313	20,7	2,7	
9	345	2,7	26,3	99	112	8,07	64	1,42	331	20,9	3,3	
10	380	2,6	28,9	100	116	8,15	64	1,28	324	21,8	2,9	
11	415	3,1	32,0	119	133	7,41	72	1,38	361	23,4	4,6	

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé (4,55 V + 1,51 B — 25).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS
DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,057	— 0,011
Sur la production cumulée.....	+ 0,053	— 0,058

Date : Lundi 19-6-50. Rythme : 2,5/10. VMN moyenne pour le poste : 59. Repos effectif : 28,3 %. Repos standard : 28,8 %.
 Point-heure réel : 55,40. Step avant travail : 25-20. Step après travail : 25-23. Barrage avant travail : 67. Barrage
 après travail : 75. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 91. Travail + repos par 2 pelletées : 13,04.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 38,7. Bague, moyenne des après travail : 16,4-3,3.

OBSERVATIONS :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0	—	—	64	—	—	—	—	387	16,6	3,2	
1	30	2,6	2,6	82	74	8,43	63	1,84	380	19,2	4,6	
2	70	2,6	5,2	73	75	8,39	61	1,50	399	17,5	2,9	
3	110	2,4	7,6	63	73	8,99	57	1,44	369	20,6	6,2	
4	150	2,5	10,1	94	77	9,44	57	1,77	388	14,3	2,7	Soleil.
5	190	2,5	12,6	85	87	8,77	61	1,33	405	17,6	2,4	
6	230	2,6	15,2	99	88	8,51	59	1,12	417	14,9	2,5	
B	260	—	—	84	—	—	—	—	378	14,8	2,2	Très légère arythmie (fume).
7	290	2,5	17,7	109	90	8,33	58	1,09	372	15,1	3,9	Soleil.
8	330	2,5	20,2	104	92	8,39	57	0,97	365	16,0	2,2	
9	370	2,4	22,6	97	96	8,63	57	1,17	374	15,4	2,7	
10	410	2,7	25,3	106	106	8,65	61	1,04	403	13,1	2,7	Soleil intense.

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé ($1,55 V + 1,51 B - 25$).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Bague, moyenne de 10 prises.
- 12 : Bague, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE		
	du cœur	de la VMN
	+ 0,091	— 0,007
Sur le temps.....	+ 0,104	— 0,007
Sur la production cumulée.....		

TABEAU 9

Date : Mardi 20-6-50. Rythme : 3,5/15. VMN moyenne pour le poste : 79. Repos effectif : 39,5 %. Repos standard : 30,0 %.
 Point-heure réel : 71,46. Step avant travail : 19-18. Step après travail : 27-27. Barrage avant travail : 68. Barrage
 après travail : 65. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 105. Travail + repos par 2 pelletées : 10,79.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 35,8. Baguette, moyenne des après travail : 18,6-2,6.
 OBSERVATIONS : Commencé en retard (organisation).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0	—	—	62	—	—	—	—	363	17,3	3,1	
1	30	3,5	3,5	94	125	5,62	96	0,78	364	18,5	3,0	
2	75	3,6	7,1	92	111	6,29	83	0,87	368	18,6	3,6	
3	120	3,2	10,3	89	107	6,92	77	1,00	376	16,0	2,4	
4	165	3,4	13,7	110	113	6,91	77	1,05	363	18,7	1,6	Soleil.
B	195	—	—	85	—	—	—	—	334	18,5	5,0	
5	225	3,4	17,1	111	119	6,89	78	0,97	338	19,2	1,5	
6	270	3,1	20,2	102	118	7,57	74	0,91	348	20,0	4,2	« Ça tourne moins rond ».
7	315	2,9	23,1	109	110	7,86	66	1,21	363	17,6	2,7	Soleil très intense.
8	360	3,5	26,6	130	140	6,81	82	0,98	342	19,8	2,2	

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs **en italique** sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé ($1,55 V + 1,51 B - 25$).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS
DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,093	— 0,047
Sur la production cumulée.....	+ 0,022	— 0,051

Date : Jeudi 29-6-50. Rythme : 3,5/5. VMN moyenne pour le poste : 78. Repos effectif : 14,5 %. Repos standard : 11,1 %. Point-heure réel : 85,09. Step avant travail : 24-21. Step après travail : 32-34. Barrage avant travail : 73. Barrage après travail : 70. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 134. Travail + repos par 2 pelletées : 9,06. Dynamomètre, moyenne des après travail : 37,9. Baguette, moyenne des après travail : 17,8-2,7. OBSERVATIONS : Travail interrompu prématurément sous la menace d'un collapsus, le step en fin de travail presque incomputable (pouls filant).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0				79					396	19,4	4,1	A fait une grande consommation de fruits avant de venir. Soleil. « Mal au cœur ». Psychothérapie nécessaire. Céphalée, anorexie. Soleil intense. Chaleur. « Aie ! aie ! aie ! Pâleur, sueurs profuses, troubles de l'équilibre (une heure après, le cœur était encore à 94).
1	30	3,9	3,9	3,9	116	112	6,39	87	0,91	381	18,7	2,5	
2	65	3,2	7,1	111	105	6,91	79	0,97	385	17,5	2,3	2,3	
3	100	3,6	10,7	121	117	6,86	83	0,97	370	17,1	2,9	2,9	
4	135	3,4	14,1	128	124	6,96	84	0,98	378	15,3	1,5	1,5	
5	170	3,1	17,2	137	113	7,59	74	1,06	416	20,0	3,4	3,4	
B	200			90					376	17,3	3,4	2,3	
6	230	3,2	20,4	146	120	7,32	75	1,02	406	19,1	2,3	4,8	
7	265	3,0	23,4	162	117	7,57	70	0,83	357	18,4	1,9		
8	300	2,6	26,0	152	104	8,25	59	0,97	338	16,5			

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulées.
- 5 : Cœur réel (les valeurs **en italique** sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé ($1,55 V + 1,51 B - 25$).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS
DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,179	— 0,082
Sur la production cumulée.....	+ 0,271	— 0,066

TABEAU 11

Date : Vendredi 30-6-50. Rythme : 2,5/15. VMN moyenne pour le poste : 59. Repos effectif : 41,6 %. Repos standard : 42,0 %.
 Point-heure réel : 52,94. Step avant travail : 23-19. Step après travail : 25-21. Barrage avant travail : 83. Barrage après travail : 79. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 81. Travail + repos par 2 pelletées : 14,57.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 37,2. Bague, moyenne des après travail : 15,4-2,9.

(OBSERVATIONS :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(OBSERVATIONS
0	0	—	—	72	—	—	—	—	352	16,2	4,4	Légère douleur au médus D.
1	30	2,7	2,7	83	74	8,29	63	1,14	338	15,7	3,8	
2	75	2,4	5,1	70	67	9,03	56	1,11	340	19,2	2,2	
3	120	2,5	7,6	74	74	8,50	58	0,99	364	16,0	1,4	
4	165	2,5	10,1	83	83	7,94	61	1,02	342	14,7	4,3	Temps couvert.
5	210	2,6	12,7	83	85	8,20	60	0,90	374	16,8	3,1	
B	240	—	—	73	—	—	—	—	364	15,6	3,0	Temps frais et couvert.
6	270	2,3	15,0	89	80	8,88	54	1,05	398	13,9	2,7	
7	315	2,6	17,6	84	93	8,17	60	1,07	386	15,1	1,5	La douleur a disparu.
8	360	2,4	20,0	83	97	8,03	60	1,15	406	13,8	4,6	
9	405	2,6	22,6	85	101	8,26	60	1,05	373	14,0	2,4	
10	460	2,4	25,0	80	100	8,71	57	1,11	398	14,5	2,9	

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulée.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé (1,55 V + 1,51 B — 25).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Bague, moyenne de 10 prises.
- 12 : Bague, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur de la VMN	
	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,017	— 0,003
Sur la production cumulée.....	+ 0,021	— 0,003

Date : Samedi 1-7-50. Rythme : 3/10. VMN moyenne pour le poste : 71. Repos effectif : 28,3 %. Repos standard : 23,9 %.
 Point-heure réel : 70,13. Step avant travail : 22-14. Step après travail : 27-27. Barrage avant travail : 87. Barrage
 après travail : 71. Cœur réel, moyenne des prises après travail : 96. Travail — repos par 2 pelletées : 11,00.
 Dynamomètre, moyenne des après travail : 369. Baguette, moyenne des après travail : 16,4-3,1.

OBSERVATIONS :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	OBSERVATIONS
0	0	—	—	—	58	—	—	—	—	364	18,4	3,5	
1	30	3,1	3,1	3,1	78	93	7,37	75	0,93	355	16,7	3,6	
2	70	2,9	2,9	6,0	72	87	7,54	69	0,81	348	14,5	2,8	
3	110	3,1	3,1	9,1	77	102	7,28	75	0,95	356	16,5	3,6	Soleil.
4	150	2,9	2,9	12,0	84	99	7,43	70	1,10	355	18,0	2,2	
5	190	3,0	3,0	15,0	96	105	7,33	71	0,84	392	16,7	1,5	Soleil.
6	230	3,0	3,0	18,0	112	109	7,24	70	1,03	362	15,5	2,1	
B	260	—	—	—	88	—	—	—	—	366	15,1	3,8	Très légère arythmie.
7	290	3,0	3,0	21,0	113	116	7,28	72	1,30	390	16,5	3,2	Soleil.
8	330	3,0	3,0	24,0	101	119	7,41	71	0,81	389	14,5	3,8	Soleil très intense. Rares extra-systoles.
9	370	3,0	3,0	27,0	112	124	7,35	71	0,94	371	17,9	3,3	« Ça va, ça va moins bien, ça va encore ».
10	410	3,0	3,0	30,0	117	127	7,59	70	0,87	376	17,3	5,1	« Ça va, pas de trop fatigué ».

Légende des colonnes :

- 1 : Numéro de la tranche.
- 2 : Minutes depuis le début du travail.
- 3 : Balles produites au cours de la tranche.
- 4 : Balles cumulée.
- 5 : Cœur réel (les valeurs *en italique* sont celles qui constituent le nuage aberrant du graphique de contrôle).
- 6 : Cœur calculé (4,55 V + 1,51 B — 25).
- 7 : Temps moyen par 2 pelletées.
- 8 : VN par 2 pelletées, moyenne par tranche.
- 9 : σ des temps.
- 10 : Dynamomètre, somme de 10 pressions.
- 11 : Baguette, moyenne de 10 prises.
- 12 : Baguette, moyenne des écarts.

COEFFICIENTS
DE RÉGRESSION TOTALE LINÉAIRE

	du cœur	de la VMN
Sur le temps.....	+ 0,119	— 0,006
Sur la production cumulée.....	+ 0,115	— 0,006

— Le 1^{er} juillet, jour du rythme intermédiaire (3/10), l'aisance des gestes paraissait supérieure à l'accoutumée. Mais c'était le dernier jour et, soit perfection de l'entraînement, soit satisfaction d'en avoir fini, on peut se demander si seul le rythme en doit être tenu pour responsable. T... nous a bien déclaré que c'était effectivement ce jour-là qu'il avait travaillé avec le plus de plaisir, il n'empêche que sa fatigue en fin de poste était réelle.

4. Étude quantitative

Les principales données sont rassemblées dans les tableaux 5 à 13.

Toutes les déterminations ont été faites de plusieurs façons différentes. C'est ainsi que l'étude des variables physiologiques a généralement eu lieu en 4 fois :

- pour le temps de travail total,
- pour les 5 premières heures (tronc commun),
- pour la production cumulée totale,
- pour les 25 premières balles (tronc commun).

a) *Conformité au programme :*

Tel était le premier point à vérifier. Nous avons eu le plaisir de constater (cf. tableaux 14 et 15) que les rythmes prévus avaient été remarquablement respectés. Le faisceau de courbes représentatives de la production cumulée est bien un peu plus étroit qu'il n'aurait dû, mais les éléments en sont très nettement séparés, et affectent l'ordre hiérarchique convenu. C'est même la seule famille de 9 courbes qui n'ait pas l'aspect d'une chevelure mal peignée. Le mérite en revient à T... qui, outre nos exhortations, surveillait attentivement pour son compte l'aiguille du compte-minutes.

La figure 18 traduit les petites fluctuations par rapport à la production imposée. L'hypothèse était que le rythme le plus facilement maintenu pouvait être tenu pour le moins fatigant. En fait, on peut distinguer deux types principaux d'évolution. Dans le premier cas (p. ex. 3,5/5), le rythme imposé ne peut être maintenu tout le poste et un fléchissement inéluctable apparaît. Dans le second cas (p. ex. 2,5/15), le rythme est conservé, à de faibles oscillations près. Le rythme 3/15 doit être mis à part, comme correspondant au premier jour, où le début du travail fut pénible. Reste un type intermédiaire (p. ex. 3,5/15), caractérisé par un coup de collier final. Que choisir? Nous avons proposé de retenir à titre d'optimum provisoire le rythme le plus rapide parmi ceux qui sont effectivement maintenus un poste durant. Ce serait donc le rythme 3/10.

*Temps de repos imposé après chaque
demi-heure de travail (en minutes).*

	15	10	5
2,5	16,7	18,2	20,0
3	20,0	21,7	24,0
3,5	23,3	25,4	28,0

DANS LES CASES :
Production théorique (atten-
due d'après le planning)
au point 5 heures.
En balles.

*Production imposée par demi-heure
(en balles).*

TABLEAU 14

*Temps de repos imposé après chaque
demi-heure de travail (en minutes).*

	15	10	5
2,5	16,7	18,3	19,5
3	18,0	21,8	22,8
3,5	22,1	24,0	26,0

DANS LES CASES :
Production réelle (balles)
au point 5 heures.

*Production imposée par demi-heure
(en balles).*

TABLEAU 15

SCHEMA de la PRODUCTION RÉELLE par TRANCHE .

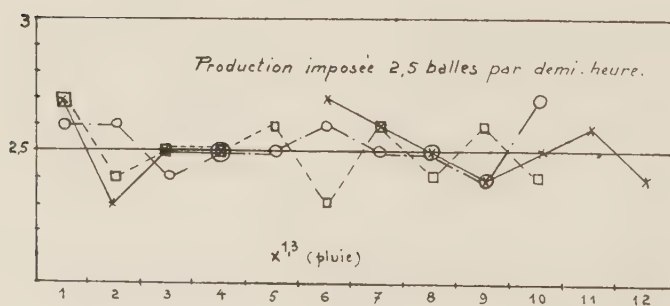
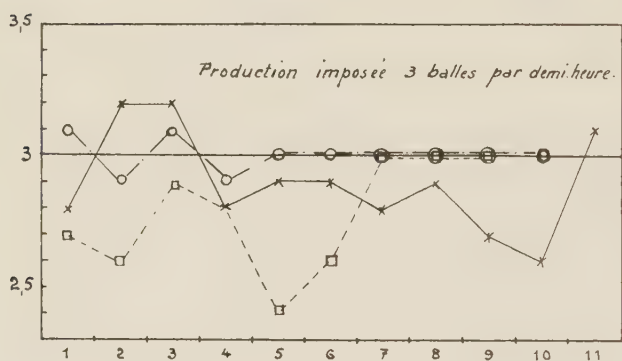
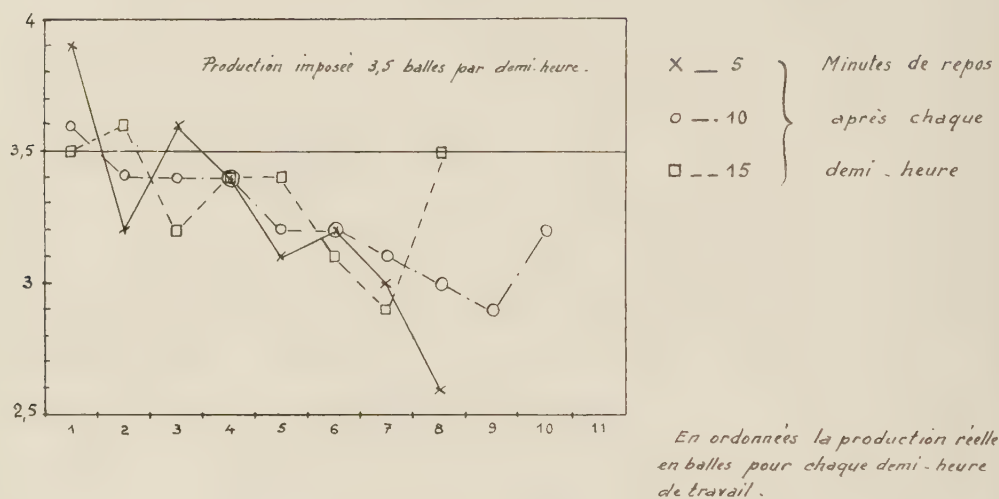


FIG. 18

b) *Hyperbole de travail :*

Le nuage de points représentant le logarithme de l'unité de production par logarithme de l'unité de temps, tel qu'on le voit figure 19, paraît bien se heurter à une limite supérieure, mais celle-ci n'est pas parfaitement nette.

c) *Temps réel par opération :*

Les temps moyens par 2 pelletées, pour chaque tranche, toutes valeurs retenues, sont donnés dans les tableaux 5 à 13, colonne 7. Ils sont reportés dans la figure 20 qui représente la moyenne par points des valeurs journalières, à gauche en fonction du temps total de travail, à droite en fonction de la production cumulée. Les moyennes journalières constituent le tableau 16.

		<i>Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).</i>		
		15	10	5
<i>Production imposée par demi-heure en balles.</i>	2,5	8,37	8,64	9,02
	3	8,18	7,38	7,50
	3,5	6,81	6,70	7,18

DANS LES CASES :
Moyenne arithmétique des
temps par 2 pelletées.

TABLEAU 16

L'étude de cette variable (nombre de déterminations élémentaires : 17 881) ne nous a pas retenu très longtemps. Dans les conditions des expériences en effet, son intérêt devenait secondaire. Il apparaît, cependant, que malgré tous les efforts de T... celui-ci n'a pu éviter l'allongement des temps mis en évidence par nos expériences précédentes. Le caractère lentement progressif du phénomène montre bien combien, pour cette seule raison déjà, il est dangereux de se contenter, pour juger la valeur d'un chronométrage, de « s'assurer que le report graphique des dernières opérations ne modifie pas la forme du triangle ». Le centre de gravité et la pointe du « triangle » se déplaçant, sa forme

Echelles logarithmiques;

Echelles logarithmiques;



FIG. 19

Courbes moyennes non pondérées en fonction du temps et de la production cumulée.

Cœur réel, Vitesse N, Temps réel par 2 pell.

Nombre de pelletées par berline.

Nombre de postes :

- L'extrémité droite des courbes est presque dénuée de signification.

Briquet :

- L'influence du repos et de la digestion s'exerce sur une zone étendue.

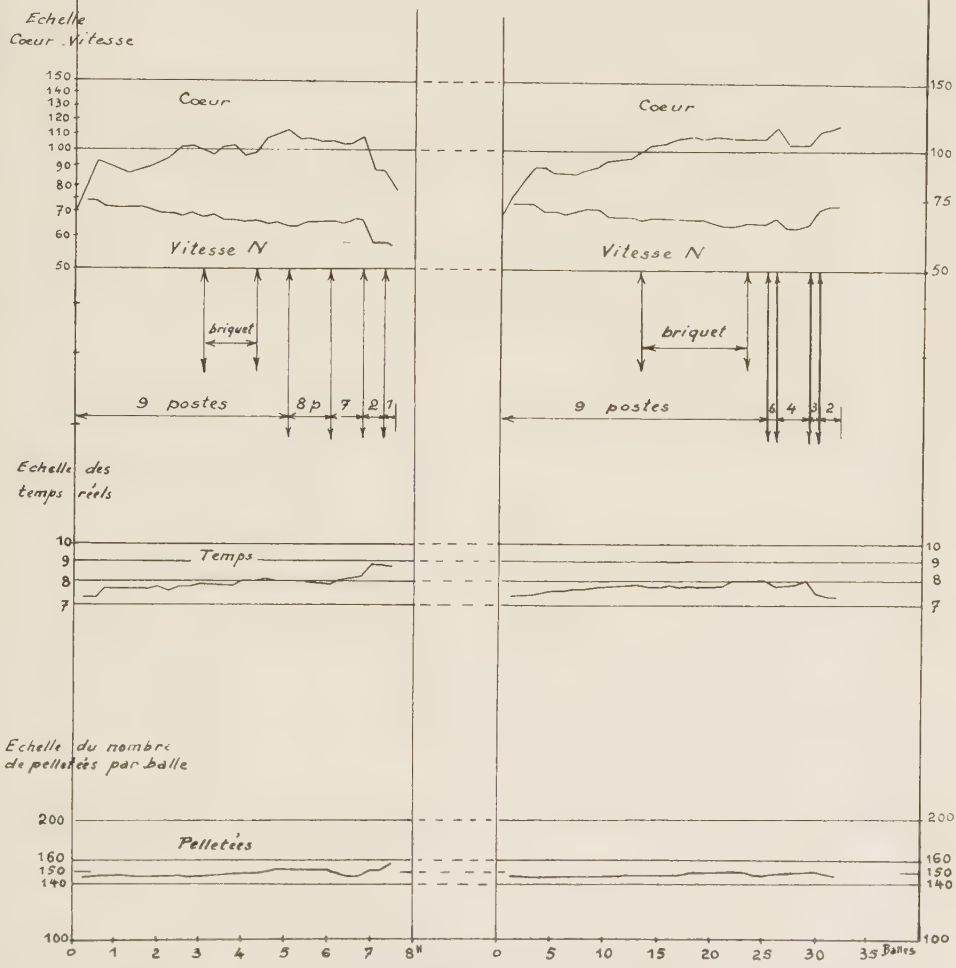


FIG. 20

se modifiant insensiblement, on ne saura jamais où s'arrêter. Un triangle de fin de poste arrivera à différer sensiblement d'un triangle de début de poste, et on pourra observer de fausses bimodalités. Mais, dira-t-on, puisque la notation de vitesse permet de pondérer les observations, où est l'inconvénient? Il consiste précisément dans le fait que la validité des mesures est délibérément subordonnée à une appréciation qualitative.

Nous avons, au cours du chronométrage, eu l'impression que l'ouvrier avait une sorte de préférence pour un temps de l'ordre de 4 secondes par pelletée, qu'il aurait adopté lorsque ses gestes étaient particulièrement automatisés. Cette impression n'a pas été confirmée par le contrôle ultérieur (1).

d) *Dispersion des temps réels :*

Le sigma de chaque tranche est donné par les tableaux 5 à 13, colonne 9. Le sigma de chaque jour est donné par le tableau 17. Contrairement à notre attente, mais en accord avec les expériences de mai, cette variable n'a fourni aucune indication intéressante.

		<i>Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).</i>			DANS LES CASES : σ des temps (moyenne par jour).
		15	10	5	
<i>Production imposée par demi-heure (en balles).</i>	2,5	1,11	1,41	1,52	
	3	1,41	0,98	1,24	
	3,5	1,17	1,00	0,38	

TABEAU 17

(1). S'il est vrai que l'on n'observe bien que ce que l'on s'attend à observer, il n'est pas moins vrai que l'observation est souvent faussée par cette attente même. Apanage du médecin, tentation majeure de l'observateur, l'attitude « clinique » a bien des titres de gloire. Il ne suffit pas cependant de voir, ni même de savoir voir. Encore faut-il savoir renoncer à ce que l'on a cru voir.

e) *Temps de travail + repos par opération :*

Ce paramètre ne pouvait être étudié pour chaque tranche, et nous avons dû procéder à une ventilation pour toutes les opérations du même jour. D'autre part, il fallait tenir compte dans cette évaluation de l'efficacité de chaque coup de pelle. Nous devions en outre retrancher les 25 minutes réglementaires de briquet du total des arrêts de travail (puisque le briquet est payé en concédés) et considérer que les repos afférents à la dernière tranche avaient été pris d'avance. D'où la formule :

Travail + Repos par 2 pell. =

$$\frac{\text{Total des min. de travail} + \text{Tot. des min. de repos} - 25}{\text{Balles produites} \times 70}$$

Les résultats de ce calcul sont donnés dans les tableaux 5 à 13, lignes supérieures. Cette variable est arbitraire à plus d'un titre. Nous l'avons calculée par fidélité à l'hypothèse de travail qui nous était proposée (cf. fig. 3) et pour servir de repère dans l'étude d'autres paramètres.

f) *Nombre de pelletées :*

Le nombre de pelletées par tranche varie à très peu près comme le temps par pelletée, en sens inverse évidemment.

Le nombre de pelletées par balle subit des fluctuations paraissant en dernière analyse être le fait du seul hasard. Sa distribution est gaussienne. On peut, à la rigueur (fig. 20, courbes inférieures), estimer qu'il tend à croître très faiblement avec la durée du travail, mais il ne présente aucun lien avec l'intensité de celui-ci.

g) *Efficacité :*

L'on attendait de nous une appréciation du remplissage de la pelle. Nous avons supposé qu'il existait un optimum (non physiologique), défini comme le minimum du nombre de pelletées nécessaire pour remplir une berline indépendamment du temps par pelletée. Il devait correspondre au plus petit temps de confection d'une balle réalisable quel que soit le rythme du travail. A première vue, ce minimum s'avérait difficile à saisir. M. Nonat, en disposant les 87 valeurs par tranche en classes de 10, constata que les médianes de ces classes se situaient à proximité d'une courbe présentant un point d'inflexion vers 140 pelletées. Parallèlement, nous avons opéré par condensation des 250 valeurs par berline en 33, puis en 10 classes, puis par deux ajustements successifs de leurs moyennes pondérées; le résultat final (fig. 21) nous conduisait également à placer cet optimum vers 140 pelletées.

De telles méthodes de calcul, malgré leur convergence, restent

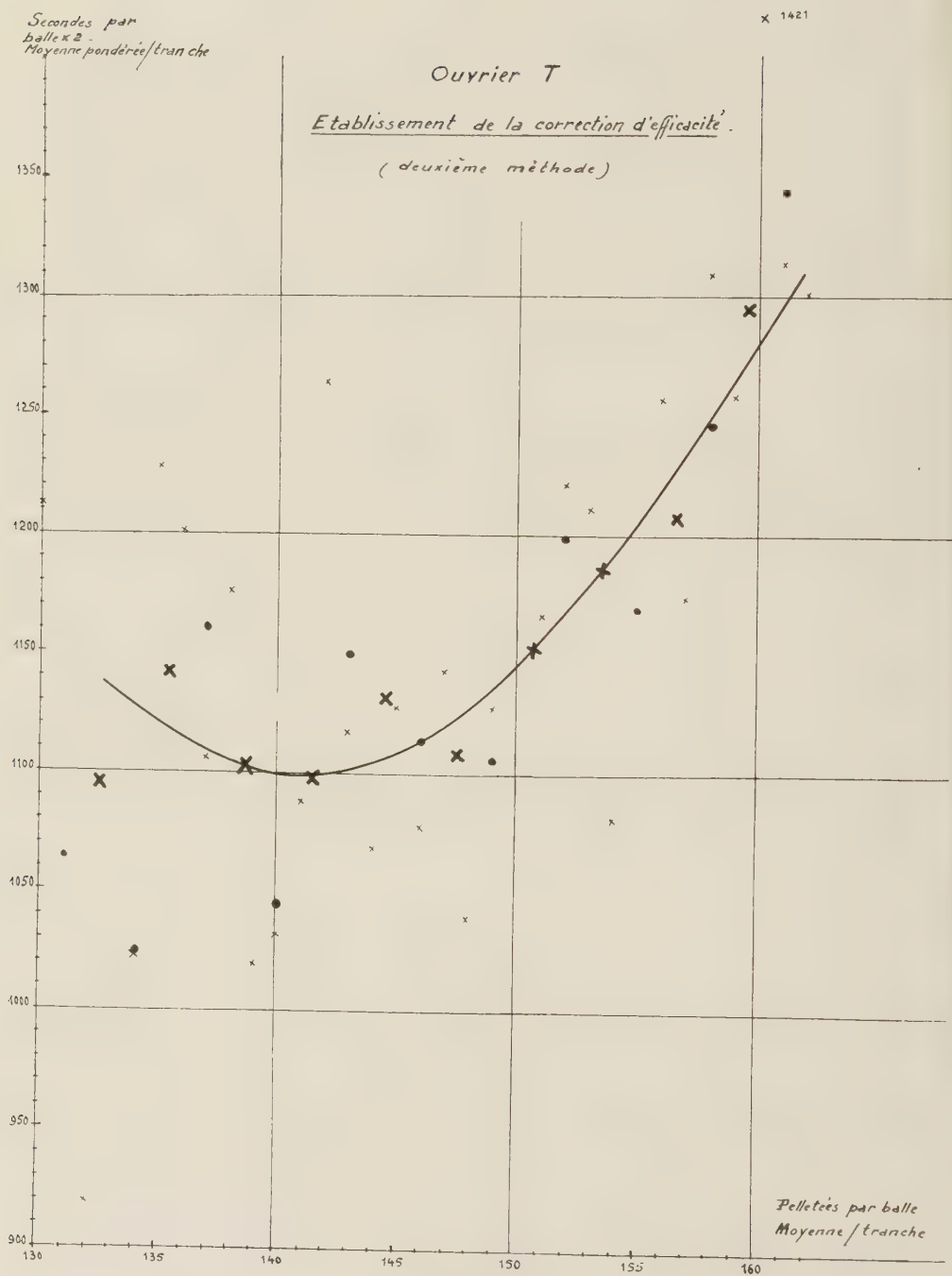


FIG. 21

discutables. La correction d'efficacité qui en résulte est, pour chaque tranche :

140

Nombre de pelletées par balle

Cette correction est de très faible amplitude en regard des erreurs à craindre. Est-elle absolument négligeable? Le coefficient de corrélation r_9 unissant le temps réel par 2 pelletées au nombre de pelletées par berline est de .14, non significatif et pratiquement nul. Nous sommes donc fondé à considérer, soit qu'il s'agit de variables indépendantes, soit que ce sont les erreurs sur leur détermination qui sont indépendantes.

Dans le doute, et pour nous rapprocher le plus possible des usages, nous avons donc corrigé les vitesses apparentes par un facteur de remplissage de la pelle. Encore faut-il ajouter que la correction aurait été le plus souvent superflue, puisque la notation subjective habituelle va de 5 en 5 unités de vitesse, alors que 50 fois sur 87 la correction d'efficacité ne modifie la vitesse apparente que de 4 unités ou moins — 4 étant la valeur moyenne de la minoration ou de la majoration.

Quelques détails sur les causes d'erreur :

- il est difficile d'apprécier, à moins de plusieurs pelletées près, le remplissage des balles, même si l'on s'applique à les faire bien rases;
- les gaillettes prennent relativement moins de place dans la berline que les fines (1) mais davantage sur la pelle (ce raisonnement tient compte du foisonnement, mais à franchement parler nous ne sommes pas très sûr du sens de l'erreur);
- les gaillettes prises à la main sont comptées forfaitairement pour 2 pelletées; acceptable en général, cette évaluation reste assez approximative (heureusement le fait a été assez rare).

h) *Vitesse corrigée* :

Elle se définit comme le produit de l'inverse d'un temps par le rapport de deux efficacités :

$$VN = \frac{60 t}{T} \times \frac{E}{E'} \quad \text{où}$$

t est le temps normal en secondes (déterminé par l'étalonnage préalable),

T le temps chronométré,

E/E' la correction d'efficacité.

Cette vitesse est dite N pour la différencier de la vitesse apparente. VMN signifie : Moyenne pour une tranche de la vitesse corrigée.

(1) Fines : Poussière de charbon.

Les VMN sont données dans les tableaux 5 à 13, colonne 8. Leur moyenne pour chaque jour se trouve dans les mêmes tableaux à la première ligne.

La vitesse N est-elle comparable aux vitesses usuelles? Il est bien difficile de l'affirmer. On peut se demander quelle information elle permet d'apporter à l'appui de l'hypothèse de la figure 3. La figure 22 illustre une telle tentative et montre les relations de la VMN par poste avec, d'une part le temps réel par opération, d'autre part le temps de travail + repos par opération. Pour la plus petite somme de travail et de repos, quelle est la vitesse correspondante? Gare à l'arbitraire de notre planning. La plus extrême réserve s'impose dans toute interprétation : la définition du temps de travail + repos parlait de repos « nécessaire », et ici nous avons affaire à un repos imposé. Il n'y a aucune raison pour qu'apparaisse dans ces conditions l'optimum escompté. Ceci admis, le rapprochement avec les données physiologiques est cependant légitime. Dans ce cadre, nos investigations ont-elles fait apparaître un rythme privilégié? Nous donnerons plus loin deux de ces comparaisons.

Nous avons essayé de vérifier s'il existait une vitesse optimale du point de vue de la régularité du travail. La figure 23, montrant l'ampleur des variations de la VMN autour de sa moyenne par poste, fait apparaître deux groupes distincts de points. On voit que, lorsque le temps de travail + repos augmente, la moyenne des écarts à la vitesse moyenne diminue brusquement comme au-delà d'un seuil, puis reste constante. Il se manifeste un point nettement privilégié : c'est le point représentant le 1^{er} juillet, jour du rythme 3/10, que nous avons déjà eu plus haut l'occasion de remarquer.

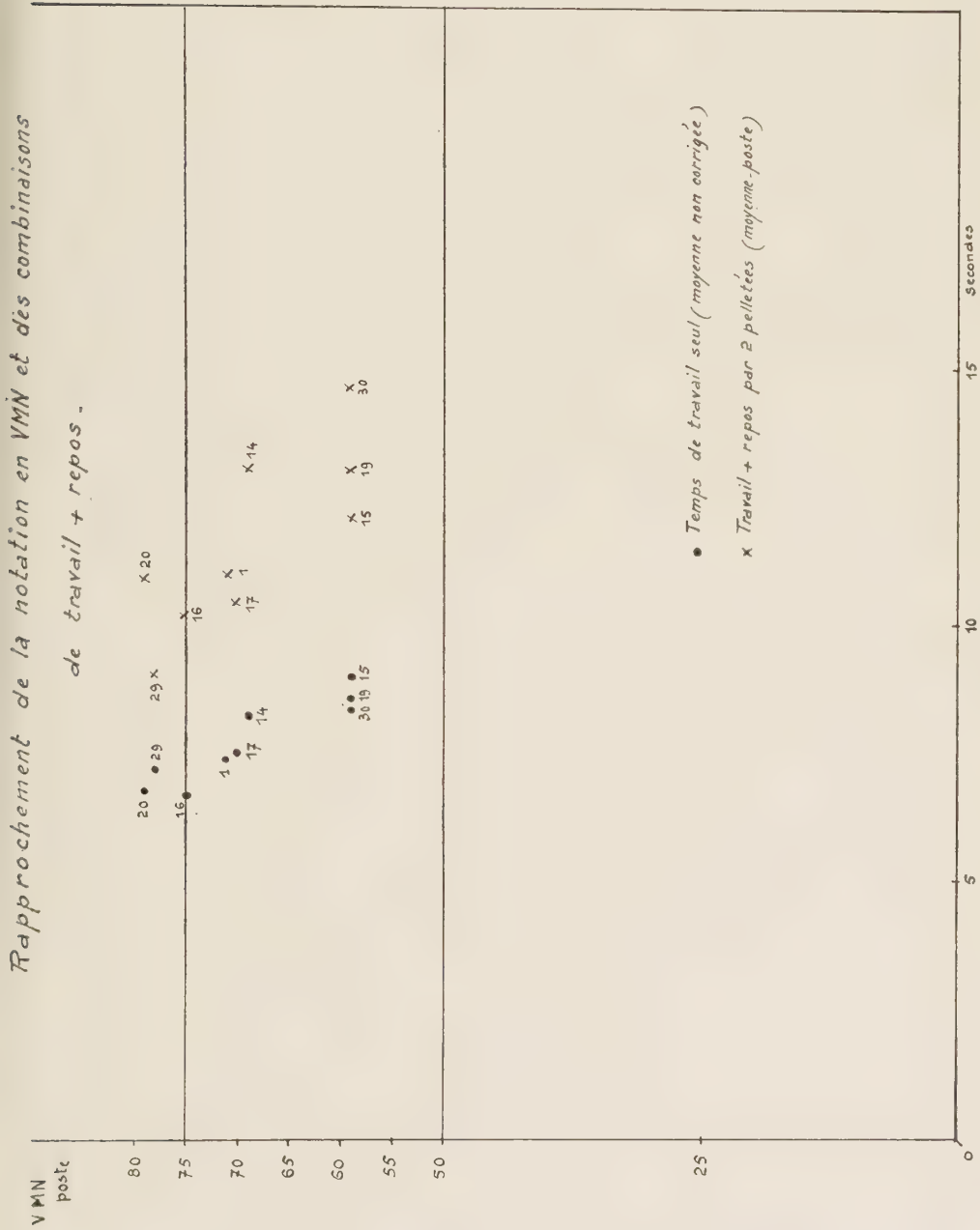
En se reportant à la figure 20, on aura une idée de l'évolution de la vitesse, d'une part en fonction de la durée, d'autre part en fonction de la production cumulée. On la voit diminuer de façon extrêmement nette. On ne s'attachera pas au crochet terminal qui est dû, rappelons-le, au fait que cette portion de la courbe ne concerne plus qu'un nombre de postes trop réduit. Si le phénomène d'ensemble s'avère bien incontestable, on doit cependant observer que, certains jours, la vitesse reste en plateau; devant y revenir plus en détail, nous n'insisterons pas pour le moment.

i) *Pourcentage de repos :*

Pour rester cohérent avec le système à points, il nous fallait évaluer les repos en pourcentage du temps de travail à la vitesse 60. Nous avons donc calculé pour chaque poste :

$$\text{Repos effectif : RE} = \frac{\text{Minutes de repos et d'arrêt} - 25}{\text{Temps total de travail réel}}$$

$$\text{Repos standard : RS} = \frac{\text{RE} \times 60}{\text{Moyenne de la VMN du poste}}$$



Moyenne des écarts
à la moyenne des V_{MN}

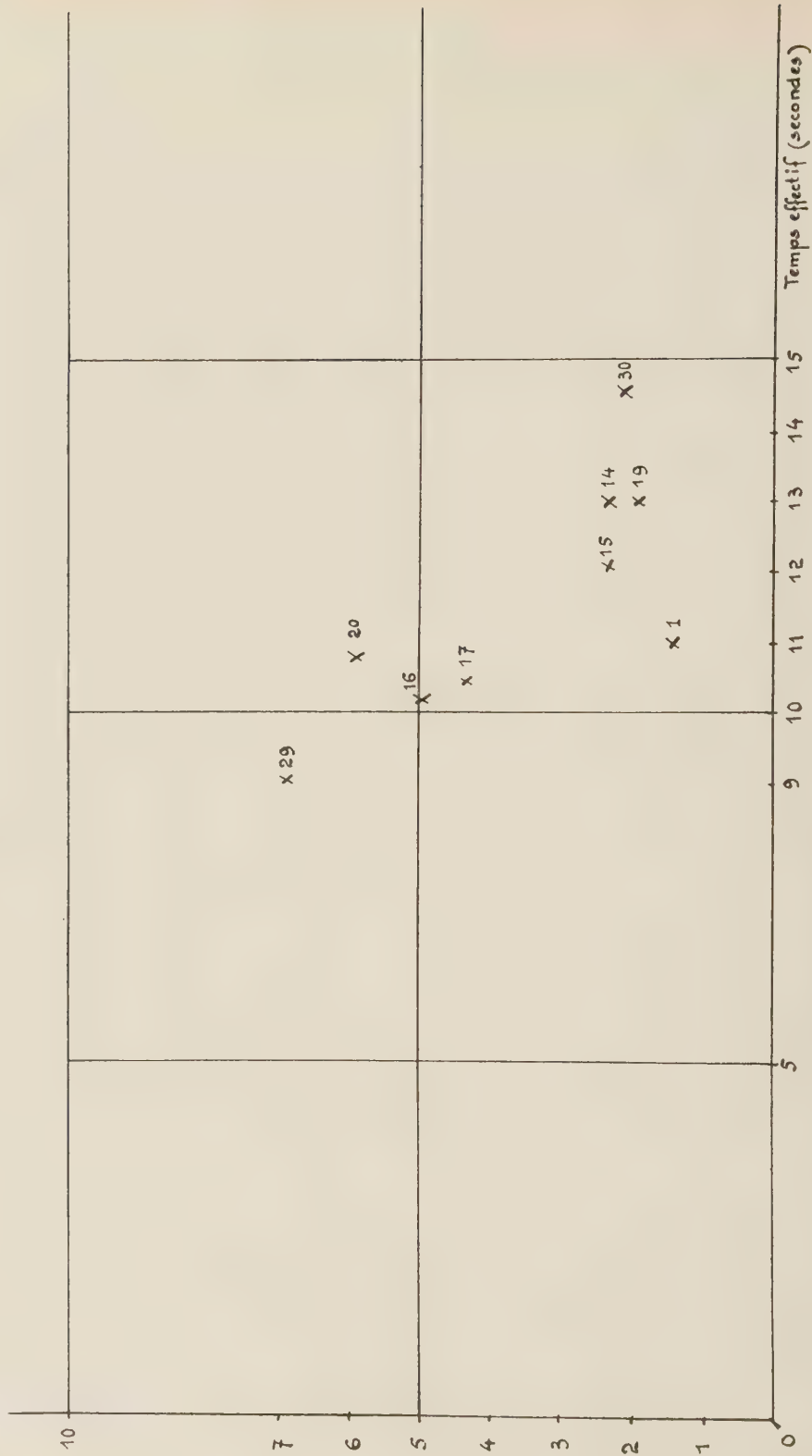


FIG. 23

Voir tableaux 5 à 13, ligne 1. Le repos standard a donc varié de 11,1 à 42,0 %.

j) *Temps perdu et opérations parasites :*

Le dépouillement des temps aberrants a fait apparaître leur grande rareté dans cette série d'expériences. Puisque des repos étaient régulièrement alloués, il est permis d'avancer que cela confirme notre hypothèse comme quoi, lorsque ce type d'anomalie se manifeste (cas de G...), il a la valeur d'un repos occulte.

k) *Côté de pelletage :*

Tout comme G..., quoiqu'à un moindre degré, T... se trouvait gêné quand il travaillait à droite de la berline. Nous avons veillé à ce qu'il change souvent de position, et aucune erreur systématique n'est imputable à ce facteur.

l) *Baguette :*

Ainsi qu'on s'y attendait, cet instrument n'a fourni aucun renseignement utilisable. Voir tableaux 5 à 13, colonnes 11 et 12, et lignes supérieures. Voir aussi tableau 18.

		Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).			DANS LES CASES : Baguette : — en dessus moyenne des points de rattrapage; — en dessous moyenne des écart à la moyenne. Prises de fin de tranche seulement.
		15	10	5	
Production imposée par demi-heure (en balles).	2,5	15,4 2,9	16,4 3,3	17,1 3,4	
	3	16,2 3,9	16,4 3,1	19,7 3,1	
	3,5	18,6 2,6	17,1 3,3	17,8 2,7	

TABLEAU 18

m) *Dynamomètre :*

Les mesures sont rassemblées dans les tableaux 5 à 13, colonne 10 et lignes supérieures. Les fluctuations sont anarchiques et de très faible amplitude.

n) *Barrage* :

Voir tableaux 5 à 13, lignes supérieures. Les scores étaient définis comme : (Réponses exactes) — (Erreurs + Omissions). Nous avons dû renoncer à interpréter cette épreuve : avec une faible influence de la fatigue se combine une forte influence de l'apprentissage.

o) *Cœur* :

Les mesures sont rapportées dans les tableaux 5 à 13, colonne 5. Reprises graphiquement, elles confirmaient les observations faites au cours du travail à rythme libre. Nous donnons trois de ces représentations : figure 20 (les deux courbes supérieures) et figure 24. Les phénomènes sont plus nets lorsqu'on prend la production cumulée pour abscisse. La montée de la fréquence s'avère inéluctable, malgré le ralentissement du travail. Certains jours on observe cependant une diminution en fin de poste, mais dans quelle mesure cette diminution n'est-elle pas imputable précisément à un ralentissement de l'activité? Faut-il se guider sur la hiérarchie des ordonnées ou sur l'aspect individuel des courbes? Nous n'étions guère avancé. On pouvait au moins remarquer que :

— le rythme cardiaque avant travail n'est pas toujours le même. De ce fait, tous nos essais pour étudier le cœur après travail par rapport au cœur avant travail ont finalement échoué;

— l'aspect général du faisceau (fig. 24) est non seulement ascendant mais aussi divergent;

— ce faisceau présente une zone de striction aux environs de 1 h ou 3 à 4 balles (striction qu'on peut rendre très apparente par doublement de l'échelle des abscisses). Toutes les prises après la deuxième tranche fournissent d'ailleurs des chiffres inférieurs à ceux de la première. Il est assez naturel de penser que c'est là le terme de la mise en train journalière, le début du « second (ou du troisième) souffle » et de ce qui devrait être le plateau du steady-state;

— on peut mettre à part le cas du 14 (rythme 3/15), où le défaut d'entraînement se traduit par une courbe trop haut située au début (et qui descend à la fin malgré l'augmentation de la production), le cas du 29 (rythme 3,5/5) où la régulation végétative a été débordée, le cas du 30 (rythme 2,5/15) où l'adaptation s'est maintenue à un niveau bas et presque constant.

Les moyennes journalières des prises après travail pouvaient présenter un intérêt. On les trouvera dans les lignes supérieures des tableaux 5 à 13 et dans le tableau 19 (pour chaque jour entier). Nous espérons qu'une analyse de variance pourrait nous renseigner sur l'influence relative des pauses et de la vitesse de travail. Un contrôle de la distribution par les χ^2 nous a mené à $P = .1$ seulement. Le tableau 19 *bis* se passe de commentaires.

Rythme cardiaque réel.
Graphiques journaliers en fonction du temps.
Systoles par minute

2.6.9.27.6.
14 - 3/5 00000 1 - 3/10
30 - 2.5/1.5 20 - 3.5/1.5
19 - 2.5/1.0 46 - 3.5/1.0
15 - 2.5/5 29 - 3.5/5
17 - 3/5

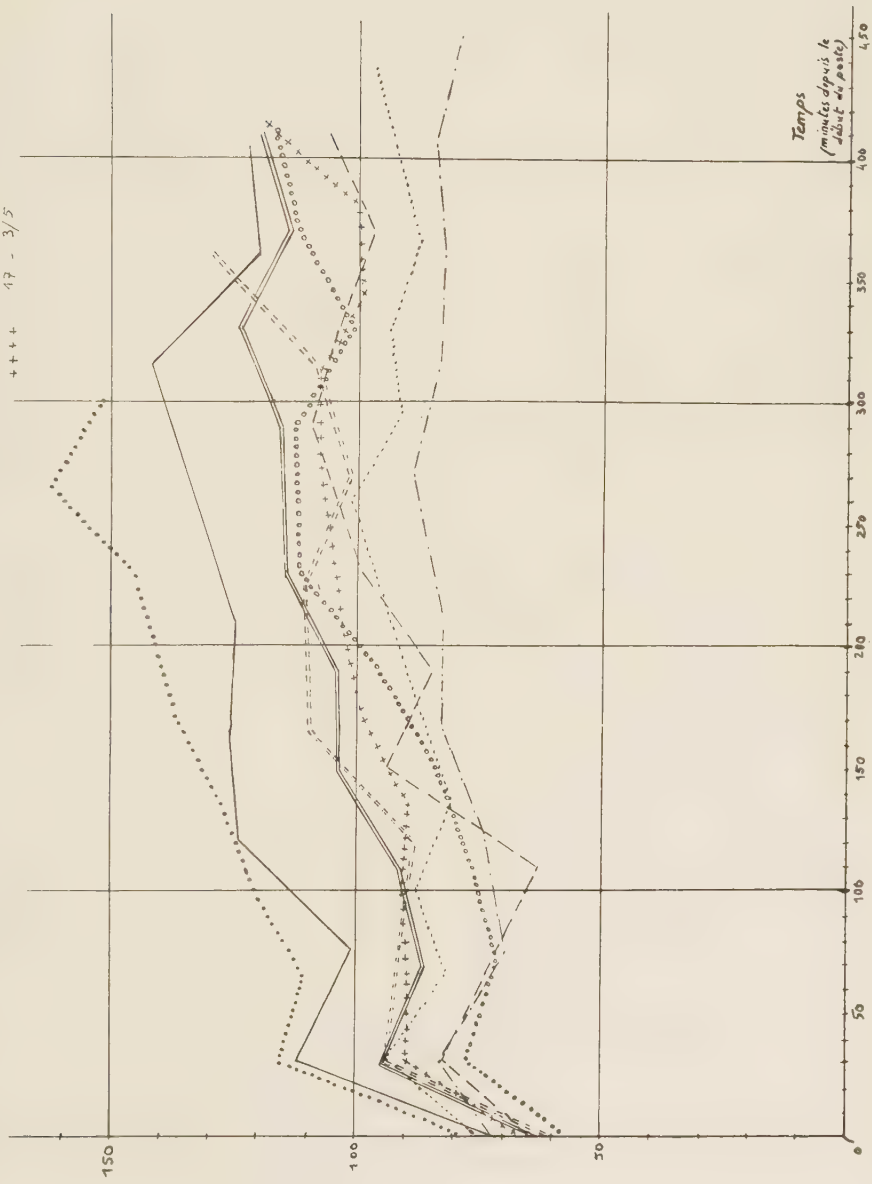


FIG. 24

<i>Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).</i>				
	15	10	5	
<i>Production imposée par demi-heure (en balles).</i>	2,5	81	91	92
	3	123	96	100
	3,5	105	107	134

DANS LES CASES :
Rythme cardiaque moyen
en fin de tranche.

TABLEAU 19

Sources de variation	Degrés de liberté	Sommes des carrés	Carrés moyens	F
REPOS.....	2	170,89	85,44	0,4 NS
PRODUCTION.....	2	1 164,22	582,11	3 NS
ERREUR.....	4	752,45	188,11	
<i>Total.....</i>	8	2 087,56		

TABLEAU 19 bis

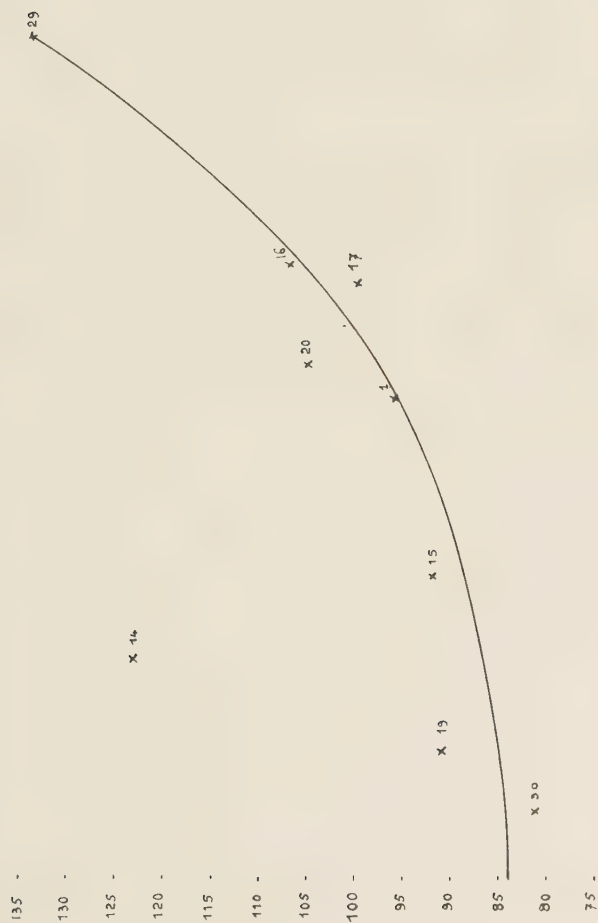
S'il fallait admettre que les chances d'obtenir une telle répartition par le hasard seul étaient trop fortes, nous étions fondé à avancer deux hypothèses :

- la quantité d'information recueillie était trop faible;
- la variable intéressante était autre chose que les pauses et la vitesse.

Pour étudier la première hypothèse, il fallait de nouvelles expériences et un dispositif expérimental approprié, comportant des prélèvements fréquents sur une population continue de données (nous avons imaginé par la suite l'appareil adéquat).

Pour étudier la seconde hypothèse, il suffisait de comparer le rythme cardiaque moyen à l'activité moyenne. C'est ce que rapporte la figure 25. Si l'on excepte le 14 juin, tous les jours peuvent s'inscrire

Cœur
Nombre
moyen de
battais par
minute
Après travail



Point heure réel
P.H.R.

95

85

80

75

70

65

60

55

50

FIG. 25

aux environs d'une courbe simple; la variable portée en abscisses est le point-heure-réel, dont la définition a été donnée chapitre II. On peut sans trop solliciter les données considérer que le niveau moyen d'adaptation de la fréquence cardiaque est une fonction de l'activité moyenne du jour considéré. Cette fonction ne semble pas ici, remarquons-le au passage, être la droite que d'autres expérimentateurs avaient observée.

La figure 26 est tout à fait analogue, à ceci près qu'au point-heure-réel est substitué le temps de travail + repos par opération.

On avait donc le droit de dire que l'adaptation du cœur au cours du travail se fait à un niveau paraissant dépendre seulement de la production totale par grande unité de temps. Il n'y a pas d'optimum perceptible dans nos conditions expérimentales. On peut se reporter à ce que nous avons dit des optimum physiologiques (chapitre I).

p) *Step-Test simplifié*:

Les données se trouvent tableaux 5 à 13, lignes supérieures. Ces données ne se prêtaient pas au calcul habituel de l'indice d'aptitude physique. Nous nous sommes livré à une quarantaine d'essais d'indices, pour en retenir en définitive le premier. C'est la « fonction S », tableau 20. On soustrait les sommes de début de poste des sommes de fin de poste. Chacune de ces sommes réunit la prise d'une minute avant Step et le double des deux prises de 15 secondes après Step (il s'était écoulé, et ce fait est important surtout pour les mesures de fin de poste,

		<i>Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).</i>		
		15	10	5
<i>Production imposée par demi-heure (en balles).</i>	2,5	+ 16	48	+ 12
	3	+ 82	— 5	+ 74
	3,5	+ 102	+ 86	+ 115

DANS LES CASES :

S du Step.

$$S = (f + 2d + 2e) - (a + 2b + 2c)$$

où :

f est le cœur pendant 1 mn dès la fin du travail.

d le cœur pendant 15 s dès la fin de l'épreuve, après le travail;

e le cœur pendant 15 s, 45 s après la prise de *d*;

a, *b* et *c* sont analogues mais pris avant le début du travail.

TABEAU 20

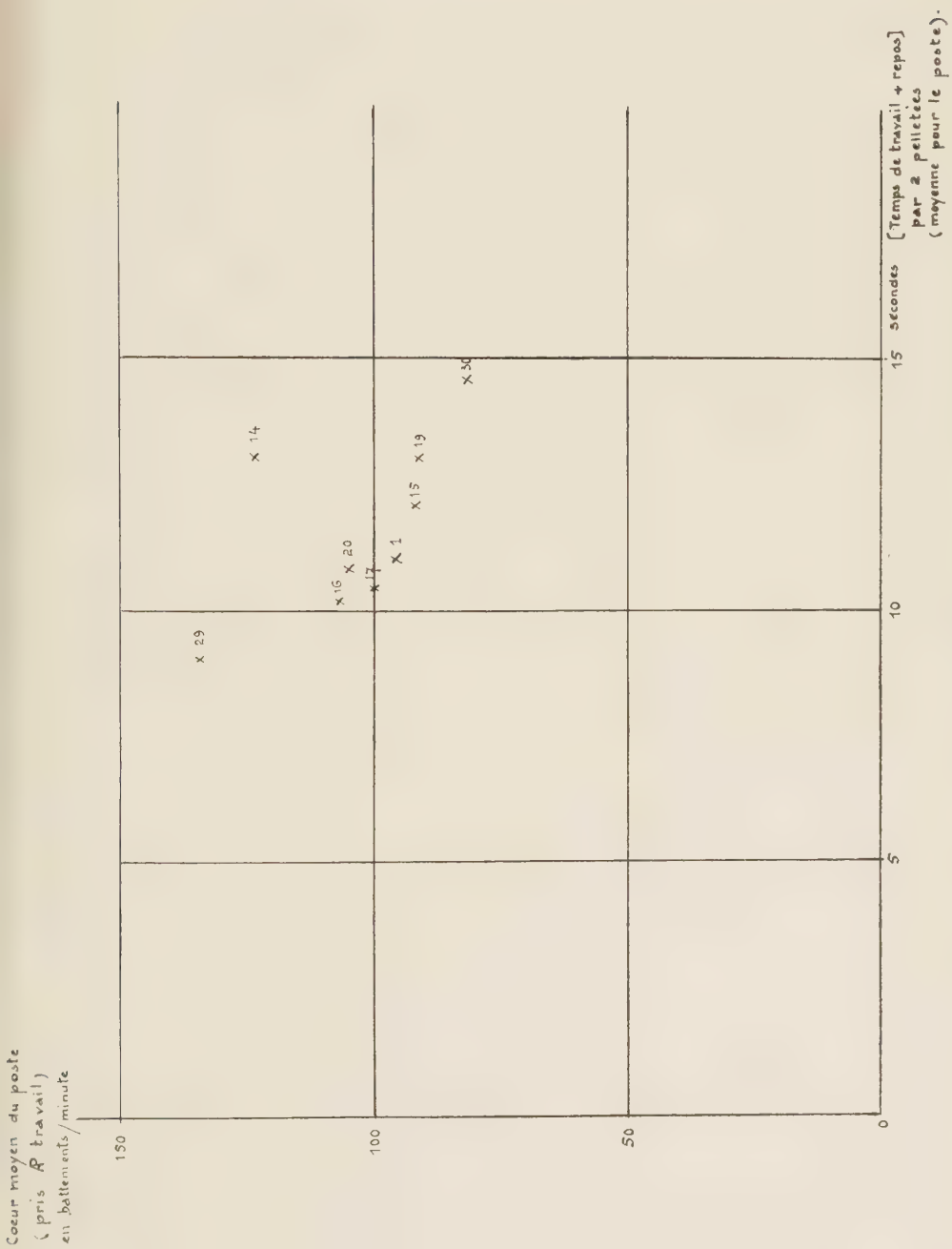


Fig. 26

environ 4 minutes entre la prise avant Step et le début de l'épreuve). Cette fonction S n'était cependant pas satisfaisante pour l'esprit puisqu'elle ne tenait pas compte de la quantité de temps et de la quantité de travail séparant le second Step du premier. Et, ce que nous cherchions, c'était toujours le rythme optimal de travail en essayant d'écarter les variables inopportunes. Nous dûmes donc construire pour la circonstance un abaque spécial, sur lequel en fin de compte furent repérées les valeurs de la « fonction T ».

Ces valeurs de T sont reproduites dans le tableau 21. Issues d'artifices de calcul et trop peu nombreuses, elles sont certes contestables. Mais elles se sont montrées dignes d'attention. En effet, le P passe à moins de .01. Tout se passe comme si nous avions sensibilisé nos

		<i>Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).</i>		
		15	10	5
<i>Production imposée par demi-heure (en balles).</i>	2,5	+ 10	+ 27,5	+ 9
	3	+ 41,5	- 4,5	+ 44,5
	3,5	+ 53,5	+ 50	+ 63,5

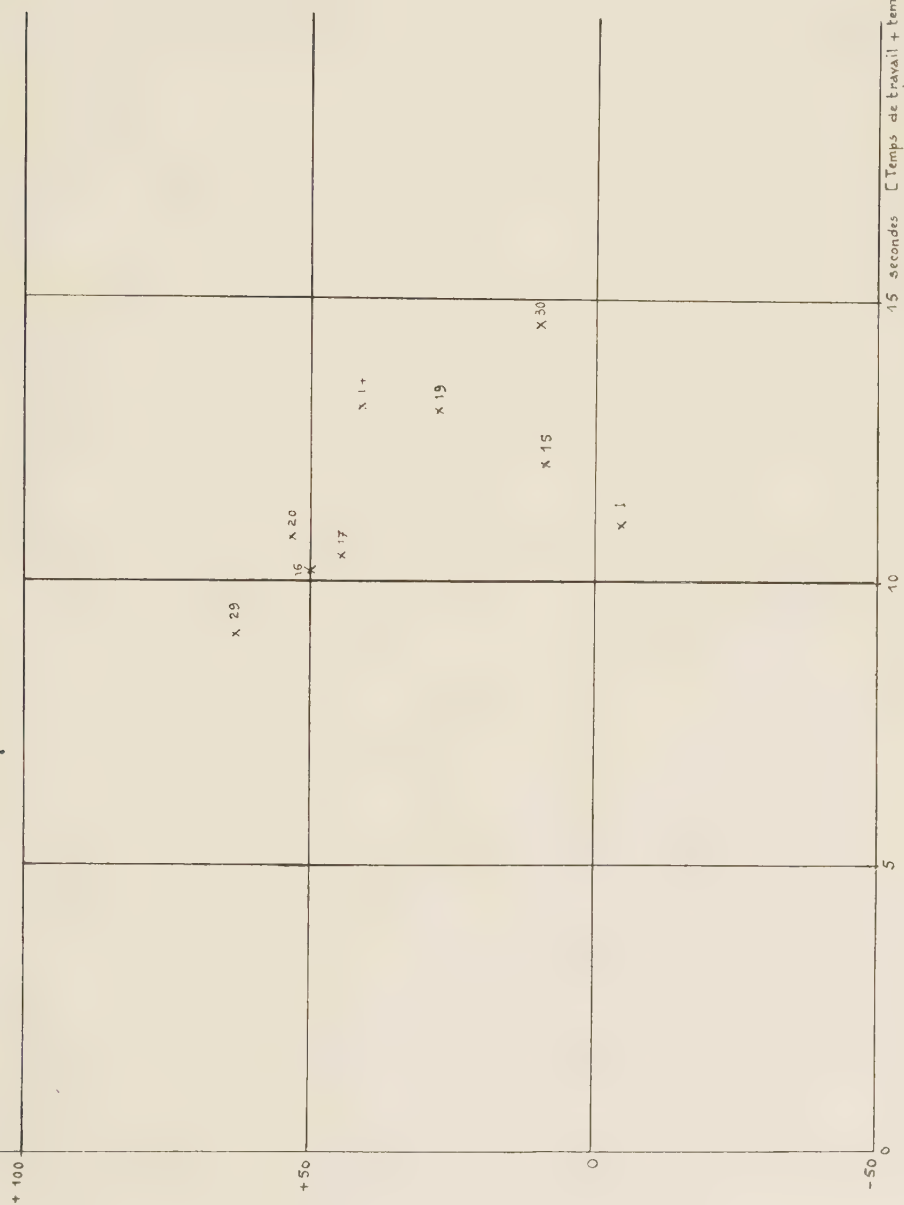
DANS LES CASES :
T du Step.
Obtenu à partir de S en
tenant compte de la pro-
duction et du temps de
travail (abaque de cir-
constance).

TABLEAU 21

mesures de fréquence cardiaque. Et cette fois (fig. 27) nous voyons bien un minimum. Il pourrait donc exister un rythme de travail privilégié du point de vue du fonctionnement cardiaque, rythme laissant en fin de poste l'organisme dans des conditions plus favorables que tout autre.

Ce rythme privilégié est le rythme 3,10, déjà rencontré à propos de données d'ordre technique. Disons seulement, avec la prudence qui s'impose, que le choix de ce rythme pour optimum technique ne serait pas en contradiction avec l'enseignement physiologique du Step-Test.

T du Step



[Temps de travail + temps d'erepos]
par 2 pelletées (moyenne pour le poste).

FIG. 27

Ou la valeur basse de T est aberrante, et nous avons tort de lui accorder une signification particulière, ou elle signe effectivement la présence d'un optimum. Mais alors pourquoi cet optimum est-il indiscernable sur les rythmes cardiaques moyens? Est-ce parce que l'indice utilisé fait état de la fréquence cardiaque avant travail? Nous avons fait l'essai de remplacer les 9 mesures du cœur avant travail par leur moyenne; dans ces conditions les valeurs de T sont modifiées sans que disparaisse leur minimum pour le rythme 3/10.

A-t-on le droit de supposer que le Step peut renseigner sur une capacité résiduelle qui ne dépendrait pas seulement des mêmes facteurs que l'adaptation au travail? Il nous est impossible de nous prononcer actuellement.

5. Étude abstraite

A la fin de cette analyse, nous éprouvions le sentiment d'avoir tâtonné dans l'ombre. Les inextricables complications où nous avait entraîné le système à points nous avaient éloigné d'une attitude compréhensive. Qu'on veuille bien revenir à la figure 20. Les deux courbes de chaque couple supérieure, cœur et vitesse, s'écartent l'une de l'autre. Comment, de combien, pourquoi? Nous étions sûr qu'il y avait là un problème essentiel. Tant que nous n'y apporterions pas la lumière, nos expériences, fussent-elles répétées des milliers de fois, resteraient fondamentalement stériles.

C'est pourquoi, au lieu de replonger aussitôt dans le concret (ce qui eût été une élégante façon d'éluder les problèmes irritants), nous choisîmes de rechercher la loi qui sous-entendait le phénomène. Il eût été possible, certes, de « schicksaler » une courbe quelconque dont l'équation nous eût donné satisfaction à bon compte. Nous avons pensé au contraire que la liaison devait provisoirement être considérée comme d'ordre statistique et traitée comme telle.

a) *Régressions totales sur le temps et sur la production :*

Nous avons d'abord cherché à remplacer les courbes expérimentales par les droites qui en seraient les plus proches parentes. Les fonctions de régression paraissaient tout indiquées. On sait qu'elles présentent le très grand intérêt d'être indépendantes de la forme des distributions. La liaison peut être légitimement calculée même lorsque les valeurs expérimentales sont peu nombreuses, que l'une des variables prend des valeurs arbitraires et que les fluctuations de la seconde ne répondent pas au type gaussien. Nous avons donc calculé pour chaque jour le coefficient de régression linéaire, tant du cœur que de la vitesse, d'une part sur le temps, d'autre part sur la production cumulée. Ces coefficients sont rassemblés dans le cartouche de droite au bas des tableaux 5 à 13.

Pentes des droites de régression du
cœur et de la vitesse sur le temps (régressions
totales) rapprochées du point. heure réel .

Coefficients
de régression

Coefficient de régression totale :

$$b = \frac{\sum [y(x - \bar{x})]}{\sum [(x - \bar{x})^2]}$$

Les courbes sont hypothétiques.

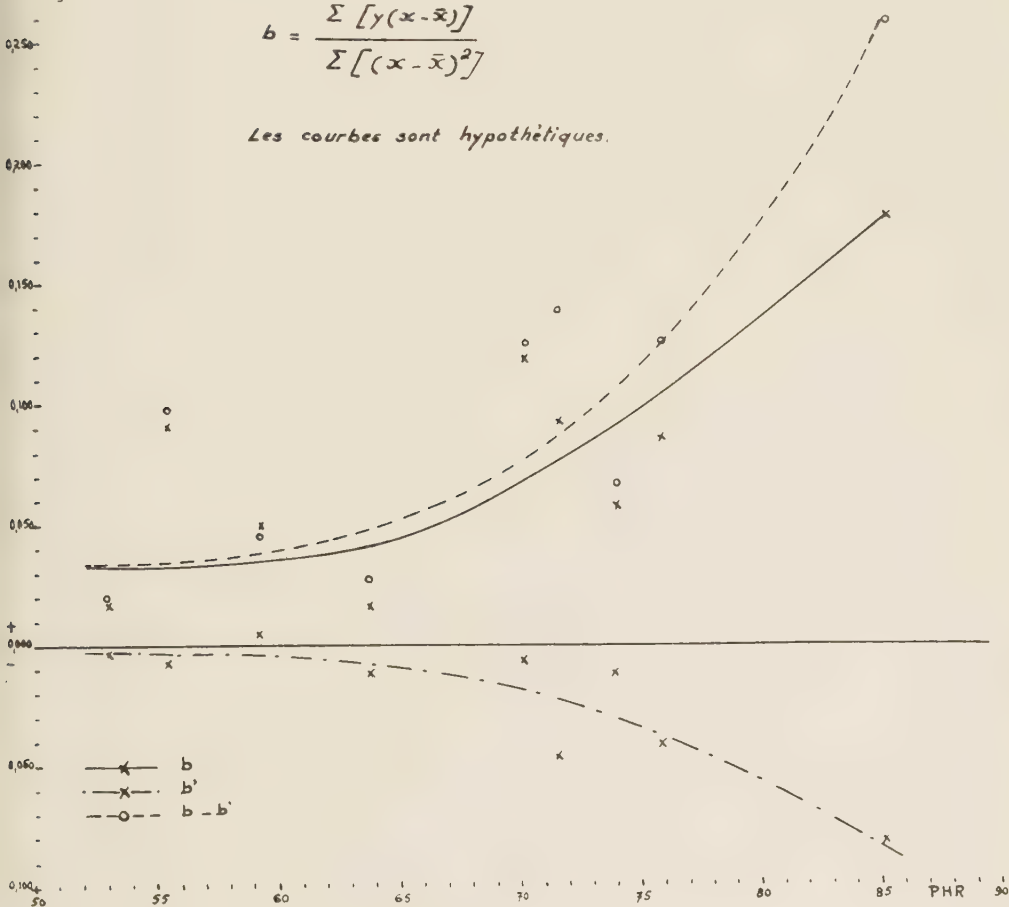


FIG. 28

Coefficients
de régression

Pentes des droites de régression
totale du cœur et de la vitesse sur la
production cumulée rapprochées du
point-heure réel.

Coefficient de régression totale :

$$b = \frac{\sum [y(x - \bar{x})]}{\sum [(x - \bar{x})^2]}$$

Les courbes sont hypothétiques

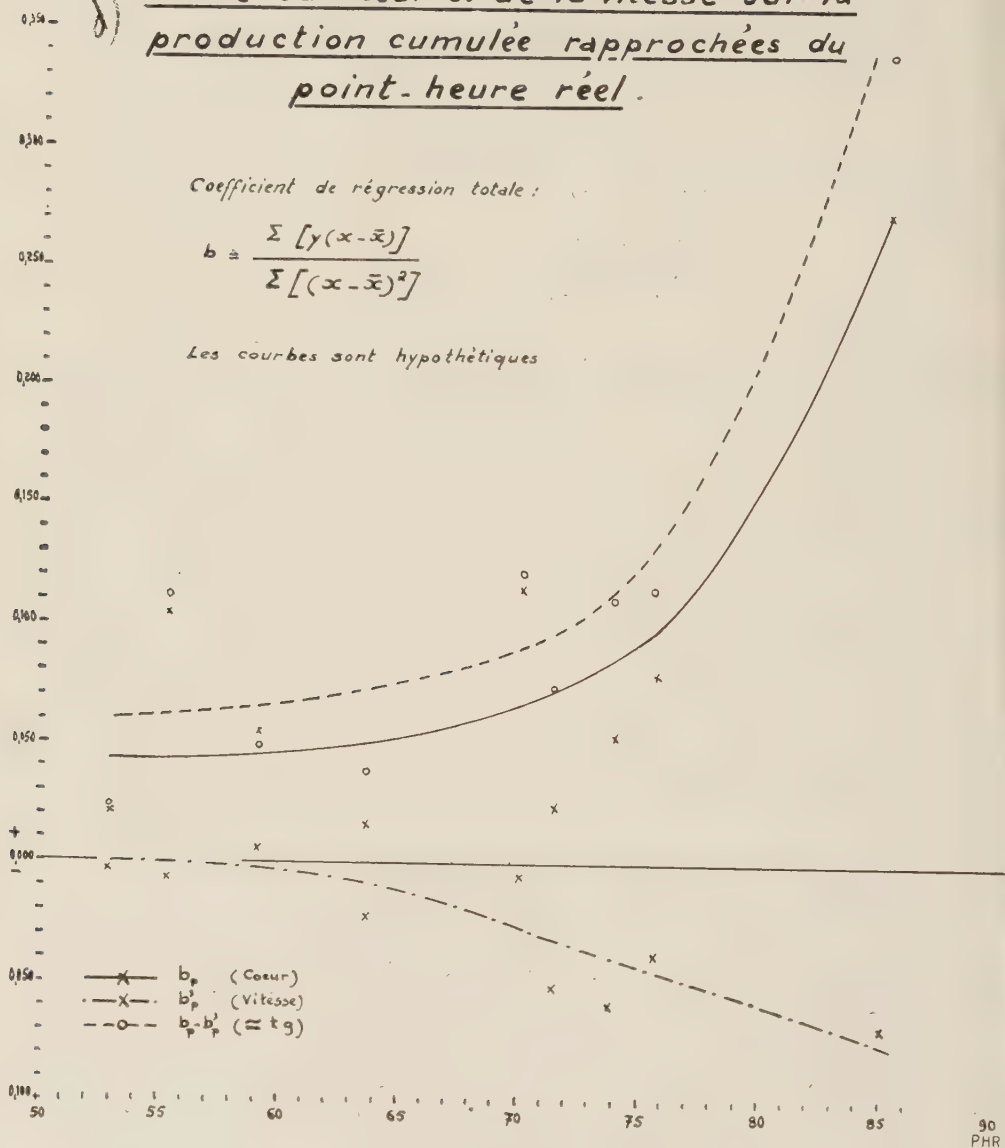


FIG. 29

Nous nous sommes ensuite demandé si ces coefficients présentaient une valeur minimale. En d'autres termes s'il existait un rythme privilégié pour lequel la fréquence cardiaque serait moins accélérée ou la perte de vitesse moins prononcée. Le remplacement des courbes expérimentales par les droites de régression axées sur les moyennes, pas plus que la simple hiérarchisation des coefficients, ne nous ont rien montré de convaincant. Nous avons alors essayé de voir avec quel paramètre variaient les coefficients de régression. Les figures 28 et 29 nous ont amené à penser que c'était très grossièrement avec l'activité moyenne. Les courbes ont été dessinées sans aucune conviction; on a quand même le droit de dire qu'elles ne présentent pas de point singulier et que, plus l'activité augmente, plus le pouls devient grimpant et plus la vitesse de travail faiblit. Nous étions un peu plus avancé, mais la forme de la loi restait très obscure.

Préoccupé par l'optimum apparu dans le Step-Test, nous avons voulu savoir quels coefficients de régression correspondaient à ce même jour. La figure 30 nous a laissé dans l'embarras : le minimum de T se place à très peu près au minimum de la pente des vitesses mais paraît tout à fait aberrant par rapport à la pente du cœur. Ce n'était pas une réponse, mais bien une interrogation de plus. L'optimum mis à part, on avait cependant l'impression de tourner autour d'une réalité commune à l'ensemble des phénomènes.

b) *Régression du cœur sur la VMN :*

Nous avons alors pensé que peut-être le niveau d'adaptation du cœur pouvait présenter une relation intéressante avec la vitesse de travail. Nous avons donc calculé le coefficient de régression linéaire du cœur sur la VMN (voir tableau 22). La figure 31 doit être expliquée. Les droites représentées sont les droites de régression de chaque jour, et ont pour pentes les coefficients de régression. Chaque droite traverse une croix placée aux coordonnées cœur moyen et vitesse moyenne du jour considéré. Le trait plein à pour limites les vitesses réellement observées ce jour-là, et il est prolongé par des tirets jusqu'aux limites de la feuille (1).

Deux des droites paraissent monter : celle du 14, le premier jour, où T... a de mieux en mieux travaillé; celle du 30, jour du rythme le plus lent. Mais la droite du 15 est horizontale. Et toutes les autres sont fortement descendantes. Ainsi donc les vitesses les plus élevées seraient les plus économiques absolument parlant? Voici qui paraît tenir du paradoxe, et de plus nous voyons bien que ces droites se placent dans l'ensemble au-dessus des autres. Nous entrevoyons une

(1) Les tirets constituent une extrapolation dont la seule légitimité est de faciliter la lecture du graphique. On nous pardonnera de produire cette peu lisible figure, eu égard au fait qu'elle a constitué une importante étape de notre recherche.

Essai de contrôle réciproque des coefficients de régression totale sur le temps avec la fonction T du Step-Test.

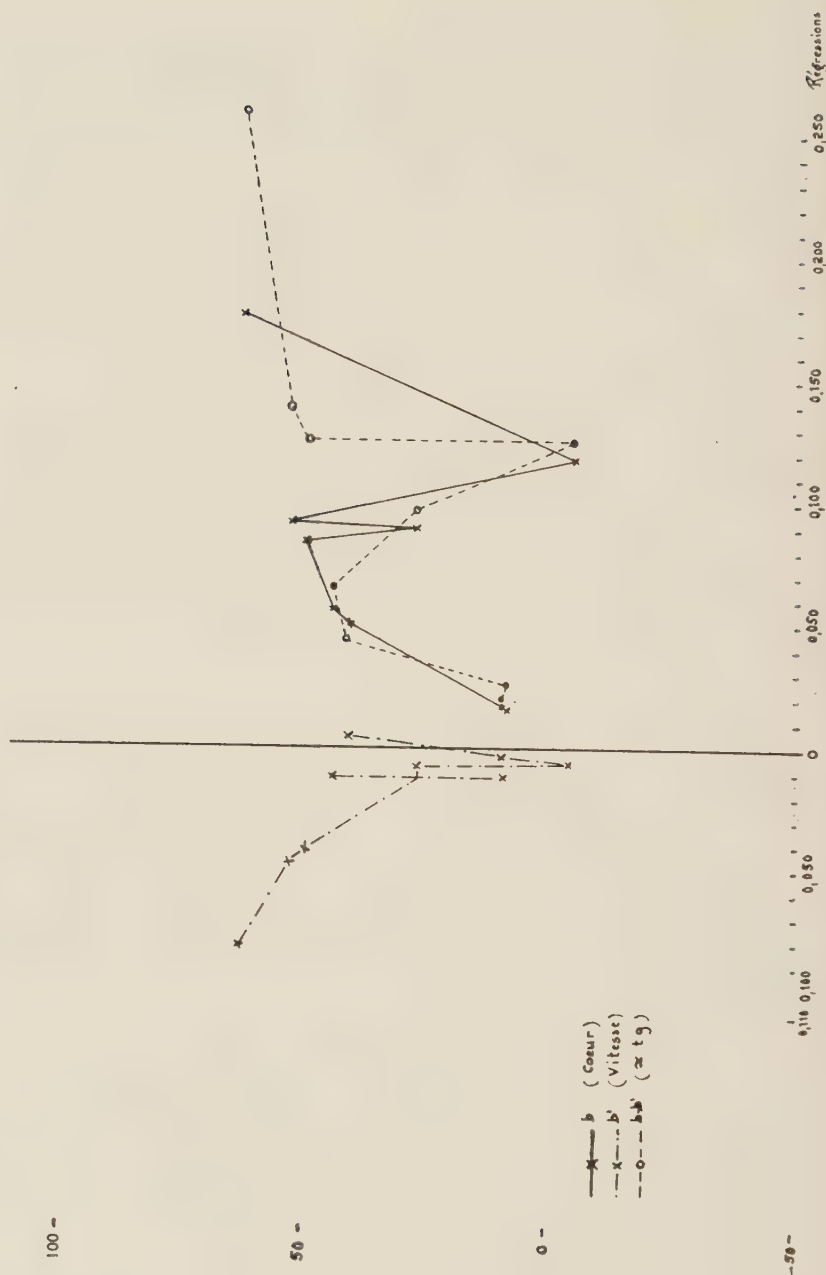


Fig. 30. (coefficients positifs)

(coefficients négatifs)

Régression du cœur sur la VMN (les 2 pour chaque tranche.)



Temps de repos imposé après chaque demi-heure de travail (en minutes).				
	15	10	5	
Production imposée par demi-heure (en balles).	2,5	+ 0,403	— 1,340	— 0,0005
	3	+ 0,550	— 2,833	— 0,197
	3,5	— 0,747	— 2,030	— 1,561

DANS LES CASES :
Coefficient de régression
(totale) du rythme car-
dique moyen à la fin
des tranches sur la VMN
des tranches correspon-
dantes.

TABLEAU 22

solution quantitative. Si ces droites paraissent descendre, c'est parce qu'il y a « fatigue ». Les vitesses élevées caractérisent le début du poste, et la « fatigue » se traduit par l'allongement de la droite de régression vers la gauche en même temps que par sa rotation dans le sens des aiguilles d'une montre.

Mais quelle droite qualifier d'optimum? Selon quel critère? On pouvait dire par exemple que celle du 1^{er} juillet (rythme 3/10, toujours la même), prolongée à l'infini vers la droite, passait par-dessous toutes les autres; à la vitesse 100 elle serait la moins coûteuse; et cela ne signifie rien du tout, car à la vitesse 100 correspondrait une fréquence cardiaque de 15 systoles par minute!

Si ce sont là vérités, ce sont des vérités bien subtiles, et de nouveau nous cherchâmes autre chose.

c) Corrélations :

Abandonnant provisoirement la poursuite de l'insaisissable optimum, nous prîmes la voie classique des corrélations. Nous disposions d'une quantité appréciable de populations de 87 données. Un tri en fut fait, et les corrélations calculées par la méthode du gamma ennéachorique de Coumétoù. Le tableau des r_9 ainsi obtenues constitue la partie supérieure gauche du tableau 23. Elles sont toutes significatives, sauf une (r entre VMN et production cumulée, ce qui ferait penser que la diminution de la performance est fonction plutôt du temps que de la quantité de travail).

Corrélations totales

	Production cumulée	Temps écoulé	Cœur	Balles tranche	VMN tranche	Points + temps
Production cumulée		+ .94	+ .48		- .17	
Temps écoulé	+ .94		+ .35		- .35	
Cœur	+ .48	+ .35		+ .47	+ .51	+ .42
Balles tranche			+ .47		+ .97	
VMN tranche	- .17	- .35	+ .51	+ .97		
Points + temps			+ .42			

Corrélations multiples

du cœur : + .77
de la VMN : + .59

Toutes les corrélations du tableau sont significatives au seuil de .01, sauf les corrélations

- totale entre VMN et Production cumulée.
- partielle entre Cœur et Production à temps et VMN constants.

qui ne sont significatives qu'au seuil de .1

et la corrélation partielle entre Cœur et Temps à VMN et Production cumulée constantes, qui est non significative.

Corrélations partielles

A cœur constant

	VMN	Product	Temps
VMN		- .55	- .66
Product	- .55		+ .95
Temps	- .66	+ .95	

A production cumulée constante

	Cœur	VMN	Temps
Cœur		+ .69	- .34
VMN	+ .69		- .57
Temps	- .34	- .57	

A VMN constante

	Cœur	Product	Temps
Cœur		+ .67	+ .66
Product	+ .67		+ .95
Temps	+ .66	+ .95	

A temps constant

	Cœur	Product	VMN
Cœur		+ .47	+ .72
Product	+ .47		+ .50
VMN	+ .72	+ .50	

Cœur/VMN à temps et product.cum. /// : + .63

Cœur/Product.cum. à temps et VMN /// : + .18

Cœur/Temps à VMN et product.cum. /// : + .10

Product.cum./VMN à temps et cœur /// : + .33

Product.cum./Temps à VMN et cœur /// : + .96

Vitesse/Temps à product. et cœur /// : - .53

/// signifie constant

Tableau 23

Poursuivant l'analyse des données, nous devons passer au calcul des corrélations partielles. Nous espérons ainsi isoler les variables les plus remarquables. Les deux stades du calcul, par exclusion d'une, puis deux variables, sont représentés dans la partie droite du tableau 23.

Les corrélations multiples respectives du cœur (.77) et de la VMN (.59) nous firent ensuite choisir le cœur comme premier objet d'étude. Nous ignorons l'erreur à craindre sur ces corrélations multiples (faute de savoir la calculer). Disons au passage que nos efforts ultérieurs pour mieux étudier la vitesse ne furent pas couronnés de succès.

Les corrélations partielles du cœur pour 2 variables constantes nous amenèrent à cette conclusion provisoire : il y a 3 variables à envisager :

- la vitesse de travail. Indiscutable, avec un $r_{CV,TP}$ de + .63;
- la production cumulée. Sujette à quelque doute car $r_{CP,TV} = + .18$ seulement, ce qui est peu significatif;
- le temps. Cette variable n'est pas à retenir :

$$r_{CT,VP} = + .10, \text{ non significatif}$$

L'analyse était donc poussée trop loin, et seules les corrélations partielles avec exclusion d'une variable présentaient une sécurité suffisante, puisqu'elles sont toutes significatives au seuil de .01. Ce furent :

- Cœur/VMN à Production constante = + .69
- Cœur/Production à VMN constante = + .67

d) Équation de régression partielle :

Logiquement, ayant choisi les variables, nous voulions calculer la relation qui les unissait.

Cette relation devait forcément prendre la forme d'une équation de régression partielle. Rappelons la forme générale d'une telle relation :

$$(Y - \bar{Y}) = B(x - \bar{x}) + b_1(x_1 - \bar{x}_1) + \dots + b_n(x_n - \bar{x}_n)$$

où : $\bar{Y}$ est la valeur de la fonction cherchée,

$\bar{Y}$ la moyenne de ces valeurs,

$x, x_1, \dots, x_n$ les variables,

$\bar{x}, \bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n$ les moyennes arithmétiques des valeurs de ces variables,

$b, b_1, \dots, b_n$ les coefficients de régression partielle.

Or nous ne savions pas calculer directement les coefficients de régression partielle b , même du premier degré. Nous avons dû nous servir de la relation qui les unit au coefficient de corrélation partielle :

$$b_{12.34\dots n} = r_{12.34\dots n} \frac{\sigma_{1.34\dots n}}{\sigma_{2.34\dots n}}$$

où les sigmas, écarts-types partiels, sont issus de la formule :

$$\sigma_{1.234\dots n} = \sigma_1 \sqrt{(1 - r_{12}^2)(1 - r_{13.2}^2) \dots (1 - r_{1n.23\dots(n-1)}^2)}$$

L'ajustement n'était dès lors plus qu'une affaire de calculs numériques simples. Ils nous menèrent à un résultat dont nous fûmes le premier surpris tant il semblait enfin limpide. Il s'exprime dans la relation :

$$C = 1,5 V + 0,1 P - 25$$

où C, niveau d'adaptation du cœur (fréquence des systoles par minute), à un moment quelconque de la journée de travail, est obtenu en fonction de V, vitesse instantanée à ce moment, et de P, points cumulés fournis depuis le début du poste.

Il était donc très facile d'en faire l'interprétation. La fréquence cardiaque est dans une relation simple, d'une part avec l'effort du moment, d'autre part avec la quantité de travail antérieurement fournie. Vitesse et fatigue, travail instantané et détérioration physiologique, kgm/sec et kgm totaux, peu importe ici le vocabulaire.

Il était plus important de nous livrer à un contrôle sérieux de nos propres assertions.

Nous possédions une forme équivalente de l'équation, savoir :

$$C = 1,51 V + 1,55 B - 25,$$

où P était remplacé par B (total des balles chargées depuis le début du poste). Cette forme avait été en réalité obtenue la première, mais nous lui reprochions de n'être pas homogène. Nous l'avons donc présentée sous la forme comparable au système à points; il eût été aussi facile de remplacer V par B' (balles chargées dans la demi-heure précédente), ce qui n'aurait rien changé au fond des choses.

Nous avons calculé les 87 valeurs de C correspondant aux 87 valeurs du cœur réel de fin de tranche. Voir tableaux 5 à 13, colonne 6. L'erreur moyenne des déterminations atteint 10 %. Un contrôle beaucoup plus efficace nous est fourni par la figure 32. En abscisses cœur calculé, en ordonnées cœur réel. Si nous avions eu affaire à une liaison stricte, les points se seraient alignés sur la bissectrice. Nous sommes loin de compte. Mais il nous paraît absolument incontestable que le nuage est « aimanté » par la liaison stricte, et sa forme allongée ne fait pas de doute. Nous avons encerclé 10 points : ce nuage fortement aberrant (quoique satellite) ne contient que des points appartenant aux états définis plus haut comme manque d'entraînement et épuisement; les données correspondantes ont été soulignées dans les tableaux 5 à 13. Il était dès lors tentant d'éliminer ces points, et de calculer un nouvel ajustement bien plus précis. Nous nous y sommes refusé, et n'avons rien disséqué de la surface de corrélation. Nous avons voulu conserver toutes les données, comptant sur de nouvelles expériences pour préciser la loi.

Ouvrier T... Erreurs sur C

$$C = 1,51V + 1,55B_c - 25$$



FIG. 32

Une confirmation intéressante ressort de la figure 33. Il s'agit des 39 prises de rythme cardiaque de l'ouvrier G... Les conditions expérimentales avaient été différentes, les allures de travail faibles. Ces données n'avaient eu aucune part à l'établissement de la fonction de régression partielle. Et pourtant on voit que l'alignement, sans être franchement bon, n'est pas trop mauvais; à considérer le nuage de points, on a l'impression qu'il suffirait de légères modifications des coefficients pour que l'alignement devienne parfait. L'erreur moyenne avoisine 10 % comme pour T... Le coefficient de validité est de .65 (.40 serait déjà significatif au seuil de .01).

Ouvrier G... Erreurs sur C



FIG. 33

On pouvait se demander si la substitution à la vitesse actuelle de l'activité moyenne (point-heure-réel) changerait la forme de la règle. Il semble que dans ces conditions la précision de l'estimation diminue mais reste comparable; l'intérêt pratique et théorique de cette constatation n'est peut-être pas absolument négligeable.

Nous avons tenté une discussion plus complète des erreurs, en distinguant les erreurs incombant aux données expérimentales, les erreurs découlant des calculs, les erreurs ouvrant la voie à de nouvelles études.

α) Erreurs dues aux données expérimentales :

— Erreurs de mesure. Il y en a !

— Facteurs négligés. La température résultante du jour d'expérience, la pression barométrique et leurs variations au cours du travail. L'état initial du sujet avant travail (nous avons mal utilisé ce que nous en savions). La périodicité diurne et la courbe de fréquence cardiaque de l'ouvrier en l'absence de tout travail. La périodicité à plus longue échéance, hebdomadaire ou mensuelle (notre planning initial avait prévu plusieurs séries disposées de façon à l'annuler). L'influence de la digestion (nous avons dit que nous n'avions pas jugé opportun de la supprimer). Les modifications de forme, de pente, de cohésion, d'humidité, de granulométrie du tas de charbon. Les difficultés de roulage, etc. Tant pis.

β) Erreurs provenant des calculs :

— Certaines sont délibérées. Plusieurs phases du raisonnement statistique impliquent des assimilations, des « comme si ». Des formules ne sont vraies qu'approximativement. Nous nous sommes contenté de suivre les mathématiciens sur leur terrain. Mais, utiliser les temps comme si leur distribution était normale, c'est proprement injustifiable, et nous avouons l'avoir fait.

— L'ajustement que nous avons proposé est du 1^{er} degré. Nous avons de bonnes raisons de penser que la fonction est curviligne. L'erreur systématique dans ces conditions (si nous supposons une fonction du 2^e degré) affecte les extrémités et les portions moyennes de la courbe de régression. Notre droite coupe vraisemblablement cette courbe en 2 points (voir fig. 32 : Ces points pourraient être 80 et 120).

— Erreurs de chute. Le calcul a laissé tomber des décimales, faute de moyens mécaniques d'une capacité suffisante; il est ainsi arrivé que nous conservions un ou deux chiffres de moins que ne le conseille Fisher.

— Erreurs dues à l'arrondissement final des coefficients. Cette erreur est petite. Le calcul donnait 1,509 au lieu de 1,5; 0,103 au lieu de 0,1; 25,090 au lieu de 25. Peu importe d'ailleurs, car nous n'attachons aucune valeur particulière à ces coefficients: ils auraient certainement changé après de nouvelles expériences.

— Erreur sur l'appréciation des vitesses. Elle serait grave si l'on devait passer immédiatement à l'application pratique. C'est sans importance quant à l'équation de régression : notre notation de vitesses est peut-être mal « accrochée », elle reste cependant objective et homogène.

— Erreur sur la détermination de la valeur-points. D'après l'étalonnage préalable, à vitesse 60, les 2 pelletées durent 9,2 secondes. A raison de 140 pelletées par balle, cela fait, avec un coefficient de repos de 1,239 (celui de l'optimum supposé) : 13,299 points par balle. Nous disons 15 points tout rond, à cause des petits déplacements et du calage des berlines. Évidemment ce n'est pas absolument rigoureux. Mais c'est tout à fait vraisemblable. Et nous pouvons faire les mêmes remarques que pour la vitesse. Et, pour plus de sécurité, nous avons opéré les vérifications d'après la formule équivalente.

— Erreur due à l'élosion de la variable « durée du travail ». Faut-il le regretter? Nous y reviendrons plus loin.

— Erreurs de calcul proprement dites. Espérons qu'il n'y en a pas trop.

γ) Erreurs utiles. C'est-à-dire les écarts par rapport à la règle liés à :

— l'individu observé. Problème éliminé délibérément de cette série d'expériences. Le contrôle opéré sur G... n'est qu'une ébauche de réponse;

— certaines caractéristiques du rythme de travail. Par exemple, à point-heure égal, combinaisons différentes de travail et de repos. C'est une nouvelle formulation, indispensable, du problème;

— l'intervention de phénomènes qualitativement différents. Tels le manque d'entraînement et l'épuisement.

6. Conclusions

Au terme de cette série d'expériences, nous devons répondre à une question. Quel est le rythme de travail optimal du point de vue physiologique?

S'il est vrai que nous avons pu mettre en évidence un optimum à caractère technique, aucune donnée physiologique ne nous a fourni de réponse nette. Nous avons conclu provisoirement que le rythme 3/10, correspondant à la vitesse N moyenne 71,4 — au point-heure-réel 70,13 — au facteur de repos à 71 : 1,283 soit à vitesse 60 : 1,239, était privilégié.

Aucun des rythmes de travail étudiés ne peut être valablement prétendu « de fatigue nulle ». Nous avons proposé comme définition du (ou des, nous ne savons pas) « rythme de travail à détérioration fonctionnelle nulle » : la vitesse telle, assortie d'un repos tel, que le coefficient de régression partielle d'un ensemble significatif

de fonctions physiologiques sur la production cumulée soit nul.

Tout, dans le cadre de nos expériences, qui allouaient des pourcentages de repos de l'ordre de grandeur usuel, laisse supposer que, s'il existe un rythme de travail à détérioration nulle, il se situe fort bas dans l'échelle des activités. La définition de la vitesse 80 comme correspondant au minimum de la somme temps de travail + temps de repos nécessaire pour effacer la fatigue s'avère incompatible avec la réalité des faits observés.

Mais, par delà ces résultats négatifs, nous avons le sentiment d'avoir réalisé un progrès sur le chemin de la science du travail. Outre l'intérêt du calcul de la détérioration fonctionnelle pour l'organisation du travail, on pouvait espérer en tirer parti du point de vue de la médecine du travail.

Nous tenions enfin un outil intellectuel approprié. Nous avons démontré par l'exemple, non seulement que des méthodes rigoureuses d'analyse a posteriori pouvaient être menées avec fruit, mais encore qu'elles conduisaient à des résultats aussi simples et pratiques que les méthodes arbitraires d'analyse a priori. Il était donc possible de mesurer, quantitativement, objectivement, et avec une erreur connue, la détérioration d'une fonction physiologique. Nous savions comment écarter l'influence de la performance qui, relativement prépondérante et évoluant selon ses lois propres, constitue le principal obstacle à la connaissance des aspects somatiques de la fatigue industrielle. La voie étant ouverte sur un terrain solide, sachant ce qu'on allait chercher, on avait le droit de s'orienter vers des expériences de grande série. Il suffisait de planifier rigoureusement le recueil des informations, de les préciser, de les étendre, d'organiser la mise en œuvre des données numériques et qualitatives, d'assurer un contact plus étroit avec les habitudes empiriques.

Le plan d'expériences de grande série devait comporter, parallèlement, des observations de travail réel, « intact », au fond, des mesures complémentaires et des étalonnages au jour dans les conditions du laboratoire. Les problèmes d'appareillage pouvaient alors recevoir des solutions très favorables; du moment où l'on s'assurait des termes de comparaison bien établis, il devenait possible de concevoir, réaliser et utiliser un matériel robuste et simple. Le nombre des mesures itératives, le nombre des fonctions étudiées pouvaient croître beaucoup sans imposer de gêne aux ouvriers. Une fois standardisée l'exploitation des résultats, il suffisait de surveiller le déroulement autonome des calculs. Restait la liaison avec le système à points. On a vu les complications où nous menait l'impossible compromis entre la réalité et le système. Nous demandions l'assistance d'un chronométrateur. Le rapprochement (dans le temps comme dans l'espace) de nos mesures et de ses estimations était propre, nous semblait-il, à satisfaire à la fois l'esprit scientifique et les préférences empiriques.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Entre les réalités industrielles et les données de la physiologie classique, il existe malheureusement un fossé profond. Le présent travail tend à combler ce fossé. Le langage et la forme de pensée, les préoccupations et les besoins des ingénieurs ne sont pas ceux des physiologistes. Nous avons tenté de traiter en physiologiste un problème posé en termes d'ingénieur; c'est demander aux uns et aux autres un grand effort de compréhension réciproque. L'objet de notre étude, les *facteurs de repos au niveau du rythme optimal de travail*, paraît à première vue de faible portée; on en saisira mieux l'importance sociale et économique sous la forme suivante : *Quelle est en chaque circonstance la tâche maximale qu'on puisse assigner à un ouvrier sans compromettre sa santé?* Les ouvrages de physiologie du travail laissent cette question pratiquement sans réponse. Les entreprises industrielles assignent des tâches, et ces tâches sont calculées sur des bases telles que le « point de travail ».

On s'étonnera peut-être de la place que nous avons accordée à la critique et à l'élaboration théoriques. C'est justement parce qu'elle n'a pas de théorie constituée à opposer à l'invasion des systèmes que la science du travail se trouve débordée par l'empirisme. Il fallait repenser tout le problème, savoir de quoi on parlait et poser les indispensables jalons. Les distinctions que nous croyons devoir faire ne sont pas celles auxquelles on est accoutumé : fatigue locale, fatigue générale — fatigue mentale, fatigue organique — équilibre, déséquilibre, etc.

Mais ce sont :

- la fatigue proprement dite (expérience vécue), dont l'étude ressortit à la Médecine du travail, à la Psychologie et à la Sociologie,
- le niveau fonctionnel d'adaptation, qu'on peut mesurer directement, objet immédiat de la Physiologie,
- la détérioration fonctionnelle, abstraite, qu'il faut calculer,
- le niveau de la performance (ou production), lié aux facteurs précités mais variant selon ses propres lois.

Pas plus que la fatigue, la détérioration n'est en soi un phénomène pathologique; elle a, en quelque sorte, un caractère inévitable. Purement descriptive et quantitative, cette notion n'a pas de signification péjorative, et ne se prétend pas explicative (elle échappe

ainsi aux légitimes critiques que soulève toute conception basée sur des hypothèses physicochimiques encore controuvées).

Rappelons la définition de la détérioration (discutée au chapitre I). Bartley et Chute définissent ainsi « l'impairment » : Les modifications proprement organiques, d'ordre physiologique ou biochimique, ignorées du sujet, et spécifiquement provoquées par le travail. Nous avons reconnu la nécessité de compléter cette définition, en insistant sur le fait que ces modifications sont quantitatives, et non qualitatives : il n'existe aucune raison suffisante pour évoquer la mise en jeu de mécanismes particuliers obéissant à une loi de tout ou rien ; le travail industriel réel ne mène pas à l'épuisement (1), mais simplement il exige de l'organisme un effort prolongé d'adaptation. Ce qui nous a conduit à considérer la détérioration comme essentiellement « fatigue de l'adaptation ». D'autre part, le fait qu'on étudie l'homme, et dans des conditions expérimentales dont on n'est que très partiellement maître, impose la prise en considération de très nombreuses variables ; pour déterminer le taux de la détérioration, il faut se livrer à une analyse des données brutes de l'expérience. Cette analyse n'est pas une vue de l'esprit, puisque nous l'avons pratiquée (à petite échelle et sur des cas particuliers, mais correctement) et qu'elle a réussi.

Nous dirons donc :

La détérioration d'une fonction organique donnée est la modification quantitative du niveau d'adaptation au travail de cette fonction, modification spécifiquement provoquée, toutes choses égales d'ailleurs, par la poursuite du travail.

La détérioration fonctionnelle est l'ensemble des modifications quantitatives des processus physiologiques ou biochimiques, proprement organiques et indépendants de la conscience du sujet, spécifiquement provoquées par la poursuite du travail.

L'emploi que nous avons fait des méthodes statistiques peut déconcerter. Peu de physiologistes et peu d'ingénieurs savent ce qu'est une corrélation, un seuil de signification ou une fonction de régression. Nous avons affronté le risque de n'être pas compris, jugeant que nous devions employer le seul moyen d'analyse justifié dans l'état actuel de nos connaissances et de nos moyens. Nous pensons que l'avenir de la science du travail dépend dans une large mesure des progrès des mathématiques. Les travaux des mathématiciens que sont Fisher, Spearman, Aiken, Wiener amorcent une véritable révolution scientifique. Les problèmes posés par le travail humain devraient susciter de nouvelles abstractions mathématiques, adéquates et exhaustives. Voir la discussion que nous avons dû engager de la notion de « vitesse ».

(1) En règle générale. Le surmenage est aussi une réalité, et à la limite des modifications quantitatives peuvent devenir qualitatives. Le qualitatif est du quantitatif outrepassant le seuil de tolérance.

Qu'on veuille bien n'y pas voir une mauvaise querelle que nous cherchions aux ingénieurs en leur refusant tout droit à l'abstraction dès lors qu'il s'agit de biologie. Mais nous ne pouvions accepter de confusion entre évidence postulée, évidence formelle et évidence intrinsèque. Le corps classique des connaissances mathématiques prend son origine dans le monde physique; il s'avère impropre à la matière biologique. Lorsque la science du travail humain sera constituée, elle fera appel à ses propres concepts; le meilleur moyen de les définir n'est pas de les pêcher dans un traité de physique, car la physique comme la chimie doivent en l'occurrence se contenter d'être nos servantes et non prétendre nous gouverner en maîtresses; ce qu'en disait Claude Bernard reste d'actualité. Nous attendons des mathématiciens qu'ils nous fournissent les outils intellectuels qui nous sont indispensables. On les voit trop souvent, effarouchés par la complexité du réel biologique, quintessencier du qualitatif en se fermant tout accès viable au quantitatif. La trop grande confiance dans le langage physicochimique expose au danger du réalisme naïf; l'insuffisance reconnue des abstractions mathématiques usuelles à celui d'un idéalisme défaitiste.

Il n'est, dit-on, de science que du général; le cens statistique permet justement de dégager d'un amas de faits une signification commune; encore faut-il respecter ses conditions de validité : sévère discipline à laquelle trop peu s'astreignent. La conduite expérimentale peut être définie comme modification organisée des données, ramenant à un le nombre des variables indépendantes. Les sciences biologiques (en général) louvoient entre deux écueils, sur lesquels se sont brisés bien des prétentions : tantôt la réduction des variables n'est pas faite (et l'on pratique une pseudo-expérience), tantôt elle n'est obtenue qu'au prix de la mutilation du phénomène (et l'expérience ne renseigne que sur elle-même); nous pensons avoir montré que la planification préalable et l'analyse statistique permettent, dans un domaine où elles ont peu pénétré jusqu'à présent, d'expérimenter à la fois sur plusieurs variables — totalement ou partiellement — indépendantes. Il n'est enfin de science que du quantitatif; la difficulté d'approprier à l'objet d'étude les instruments de mesure et de calcul explique les préférences subjectivistes mais ne saurait les justifier. Pour notre part nous nous en tenons à un parti-pris d'objectivité.

Lorsque nous préconisons l'emploi des méthodes statistiques, cela ne veut pas dire que nous souscrivions à ce qui en tient souvent lieu. On « mesure » n'importe quoi n'importe comment. Beaucoup croient « faire de la statistique » qui ne savent qu'accumuler des documents incommensurables. On croit aveuglément qu'il suffit d'amasser une grande quantité de faits, et que la vérité en jaillira automatiquement. On déploie une activité fébrile, on se jette à corps perdu dans

l'à peu près à grande échelle. Ce qui dispense de réfléchir. A notre sens, c'est le soin dans le recueil et l'utilisation de l'information qui doit rester le premier souci de l'expérimentateur. Nous sommes bien entendu partisan des grandes séries, mais sous 3 conditions expresses :

- que les bases soient clairement définies,
- que le mode opératoire soit irréprochable,
- que les erreurs soient strictement évaluées.

Nous ne nous présentons donc pas comme un fanatique de la petite série; correctement utilisée, elle doit néanmoins être considérée au moins comme un premier stade; elle trace à peu de frais la voie de la grande série, en permettant de n'engager qu'à coup sûr les moyens matériels considérables que cette dernière exige en toute rigueur (que l'on songe que, pour le seul ouvrier T... et pour la seule détermination du temps par opération, nous avons déjà à analyser près de 18 000 mesures).

Les méthodes courantes d'organisation du travail peuvent-elles servir de point de départ à des études physiologiques? Se satisfaisant de notions vagues, prenant des hypothèses gratuites pour des vérités axiomatiques, posant d'emblée des postulats qu'il doit ensuite retrouver coûte que coûte à travers la complexité des phénomènes, le système à points n'a guère de valeur scientifique.

L'œuvre des pionniers du chronométrage s'est voulue rationnelle, mais, marquée au coin d'un pragmatisme impatient de réalisations, elle souffre d'une regrettable sclérose et reste fortement imprégnée de présuppositions subjectives. Le rattachement de faits mal connus à des explications trop schématiques a si souvent entravé le progrès des connaissances que nous ne saurions montrer trop de prudence. L'on pourrait certes concevoir et proposer des améliorations de détail : par exemple définir statistiquement l'ouvrier moyen, remplacer le facteur de repos par un coefficient de poste de travail — et cela a d'ailleurs été tenté. Les intéressantes hypothèses substituées par Walch aux vagues définitions traditionnelles ont longuement retenu notre attention. Issues d'une réflexion probe sur les imperfections du système, elles visent essentiellement à préciser les notions d'allure optimale et de repos nécessaire. Malheureusement, trop étroitement liées au système, ces hypothèses participent de ses infirmités et résistent mal à l'examen comme à l'expérience (1). L'on conçoit l'extrême difficulté de tout perfectionnement réel : il impliquerait la table rase, le départ à zéro, le remaniement de tous les concepts et de toutes les valeurs numériques usuelles. C'est aux responsables de la production de juger de l'opportunité d'une telle refonte.

(1) L'on pourrait objecter à cette dernière affirmation le trop faible nombre des ouvriers observés. Mais ces ouvriers ont été précisément et minutieusement choisis par leur ingénieur comme représentatifs du « bon ouvrier moyen ».

Malgré ses énormes défauts et en attendant mieux, le système à points peut toutefois tel qu'il est rendre encore des services — à la double condition que l'on n'en soit pas dupe et qu'une scrupuleuse honnêteté préside à son application. Étant donné qu'il règne quelque confusion dans les esprits sur cette question, nous sommes amené à préciser notre position avec plus de netteté encore :

— L'organisation du travail, en soi, est une nécessité que nous reconnaissons pleinement, et dont le principe n'a rien de choquant pour le physiologiste. Nos critiques ne concernent qu'une des méthodes employées couramment pour organiser le travail.

— Toute étude de travail fait appel, à quelque moment de son déroulement, au chronométrage des opérations. Nos critiques ne concernent que certaines modalités courantes de chronométrage et l'excès de confiance que d'aucuns leur accordent.

Il faut bien déterminer les tâches et les salaires. Le système à points paraît bien avoir représenté un sérieux progrès par rapport à l'arbitraire total, et nous lui en savons gré.

Nous proposerons donc aux techniciens une sorte de « gentlemen's agreement ». La morale provisoire de Descartes mettra leur conscience en repos, qui dit que « ce n'est pas assez, avant de commencer à rebâtir le logis où on demeure, que de l'abattre... mais qu'il faut aussi s'être pourvu de quelque autre où on puisse être logé commodément pendant le temps qu'on y travaillera ». Que donc les industriels continuent à accepter les facteurs de repos pour ce qu'ils sont : la correction arbitraire de données empiriques. Qu'ils continuent à les retoucher par approximations successives en fonction de leurs observations journalières, en faisant appel aux médecins du travail qui sont certainement en mesure de leur apporter une aide efficace (1).

Et qu'ils laissent de son côté la Physiologie du travail cheminer sur sa propre route. Ou mieux, qu'ils la poussent à s'y engager. Craignant de tomber dans la parodie, le physiologiste sérieux a trop tendance à se confiner dans son cabinet; sa place est à l'usine, à l'atelier, sur le chantier.

Que peut-on dire des modalités de la recherche physiologique en milieu industriel? Assurément elle n'est possible que si des liens étroits s'établissent entre praticiens et chercheurs. A notre avis, la solution la plus viable serait la constitution d'équipes mixtes (2). Orientées par les besoins professionnels, dûment informées de la rou-

(1) Étude systématique, quantitative et très assidue de ce qu'on appelle les signes de fatigue (indirects, directs d'examen, directs d'exécution) en fonction de l'horaire et du rythme de travail, des tâches imposées, de la production réelle, etc.

(2) Au noyau ingénieur-physiologiste s'agrègeraient de façon plus ou moins étroite des spécialistes tels que le médecin du travail, le biochimiste, le statisticien, le sociologue ou le calculateur.

tine et du progrès des techniques, mais liées par le seul respect de la vérité scientifique, ces équipes devraient travailler dans un climat de coopération, et non de subordination ou de rivalité. C'est poser là tout le problème de la recherche (même purement technique) dans l'industrie, dont on sait qu'il est presque toujours mal posé et qu'il n'est presque jamais correctement résolu.

Notre travail personnel a été précédé de 6 mois consacrés à une formation technique analogue, aux dimensions près, à celle que reçoivent les ingénieurs nouvellement embauchés dans les houillères. Au cours de cette période, nous avons en particulier pratiqué des études de travail minier selon les procédés industriels (chronométrage). L'analyse que nous avons tentée ensuite des documents recueillis a mis en évidence quelques caractéristiques des temps chronométrés qui ne sont habituellement pas prises en considération. En particulier un allongement des temps par opération en fonction de la durée du travail dont nous espérons tirer des enseignements. Deux études du travail de forge s'étant révélées décevantes, nous avons organisé une série d'expériences de travail de pelletage à rythme libre. Poursuivie pendant 3 journées consécutives de 8 heures, elle a dans l'ensemble confirmé les hypothèses qui l'avaient fait engager. Elle comportait des investigations physiologiques élémentaires répétées de demi-heure en demi-heure. Nous avons constaté un phénomène jusqu'alors mal connu : la fréquence cardiaque (1) tend à augmenter au cours du travail prolongé, alors même que ce travail reste peu intense eu égard aux normes industrielles, alors même que la production réelle tend à décroître régulièrement du début à la fin du travail. Le travail de force ne se fait pas en « steady-state » ; le « retour au calme » ne préjuge en rien de la fatigue résiduelle.

La série suivante, portant sur un autre ouvrier, a comporté 9 expériences conduites à des rythmes tous différents, constitués par les combinaisons de 3 allures de travail et de 3 durées de pauses périodiques. Elle a amplement confirmé les résultats de la série précédente. Dans les conditions des expériences, le niveau d'adaptation au travail d'une fonction organique donnée a pu être défini quantitativement ; ne pouvant accéder directement à la loi, nous en avons trouvé l'accès par le moyen d'une fonction de régression partielle. Tout se passe comme si le niveau d'adaptation du rythme cardiaque était en rapport, d'une part avec l'intensité du travail actuel, d'autre part avec la somme de travail fournie depuis le début du poste. Les coefficients extraits des données sont affectés d'une marge aléatoire importante, la quantité d'information disponible s'étant avérée trop faible ; d'autres expériences seraient indispensables avant qu'on puisse prétendre

(1) Le choix du pouls n'implique aucune prise de position théorique, mais résulte de considérations matérielles.

leur attribuer leurs valeurs définitives. Ces expériences nécessiteraient l'emploi d'un appareillage spécial comportant des compteurs (la préférence traditionnelle pour l'inscription graphique, héritage de Marey, pour légitime qu'elle soit, favorise l'interprétation qualitative mais se prête mal à l'élaboration statistique).

Nous considérons que la notion de détérioration a fait ses preuves expérimentales. Elle paraît devoir se prêter aisément à d'éventuelles applications pratiques, tant d'ordre médical que d'ordre industriel.

On conçoit l'utilité d'un coefficient rigoureux et commode permettant des comparaisons quantitatives tant entre les différentes allures qu'entre les postes de travail et qu'entre les niveaux individuels d'aptitude (examens d'embauche et de surveillance). Nous ne voulons pas trop en dire sur ce sujet, car nous craignons les généralisations hâtives comme les applications prématurées. Notre étude a mis en évidence l'évolution du pouls, donc d'un phénomène très facile à mesurer; mieux outillé, nous aurions évidemment analysé d'autres fonctions, ce qui peut être d'autant plus nécessaire que la nature du travail effectué intervient en sollicitant plus ou moins tel ou tel effort d'adaptation. Les deux conditions sine qua non de toute étude physiologique valable sont à notre avis :

1^o *Etudier à la fois et en connexion étroite la courbe de travail et les phénomènes physiologiques.* Toute simplification de l'étude (par exemple le remplacement de l'observation continue par le simple rapprochement de mesures faites au début et en fin de journée) devra tenir compte de ces deux fondamentales inégalités : à fatigue égale, production inégale; à production égale, effort inégal.

2^o *Etudier le complexe psycho-physiologique du travail réel.* Aucune transposition en laboratoire ne sera valable sans confrontation étroite avec la réalité industrielle. L'étudiant qui pédale 10 minutes sur son bicycle ergométrique n'a rien de commun avec l'ouvrier qui charge sur un chantier 8 heures durant.

Au cours de l'exploitation des données est apparue une très forte présomption pour que la durée du travail ne soit pas en tant que telle une variable cruciale (1). Les notations habituelles s'inscrivent toujours en fonction du temps. Est-ce là le meilleur système de référence? Nous avons observé un phénomène inscrit dans la durée dont la meilleure représentation n'est pourtant pas (en première approximation) une fonction du temps comme tel. Bien entendu le temps intervient quand même implicitement dans notre relation de régression : nous ne l'avons éliminé qu'en apparence, un raisonnement plus serré

(1) Ceci ne change rien aux lignes qui précèdent. Il reste bien entendu que nous exigeons des expériences de longue durée. La discussion ne porte ici que sur la représentation graphique et numérique des résultats.

permet de le retrouver, mais il n'y a pu être retenu comme variable utile. Nous serions heureux de recevoir à ce sujet les critiques des physiologistes comme celles des statisticiens : libre aux physiciens et aux philosophes d'y trouver pâture. Cette constatation, si elle recevait de nouvelles confirmations, pourrait modifier les usages méthodologiques. On observera que ce n'est pas une nouveauté, et que tout le monde le sait déjà (cf. la notion de « Temps vécu » défendue par Minkowski) : alors pourquoi « tout le monde » s'obstinerait-il à inscrire invariablement en abscisses le temps des horloges ? Habitude commode, frein peut-être à la connaissance. Et raison de plus pour se défier du temps des chronomètres.

Touchant la question du rythme de travail, nous pouvons conclure : il existe très vraisemblablement un rythme optimal individuel caractérisé par la régularité du travail.

Cet « optimum » correspond-il à un minimum de « fatigue » ? Cette supposition est partiellement battue en brèche par nos expériences. Si l'on considère la fatigue du point de vue des impressions de l'ouvrier : peut-être oui. Si l'on considère la fatigue comme perte d'aptitude à une épreuve physiologique standard (type Step-Test) : peut-être oui. Si l'on considère le minimum de fatigue comme minimum de détérioration fonctionnelle : nous sommes insuffisamment édifié ; mais si l'on devait considérer le minimum de fatigue comme minimum de la détérioration du seul niveau d'adaptation de la fréquence cardiaque : certainement non. Cet optimum varie-t-il quand les conditions de travail ou de milieu changent ? Cet optimum, une fois reconnu valable pour un jour de travail, resterait-il constant au long de journées identiques pendant des mois et des années ? Nous aurions souhaité étudier ces deux problèmes. Cet optimum est-il le même pour tous les ouvriers ? Sinon, quelle est sa dispersion ? Nous n'avons pas eu le temps d'aborder expérimentalement ce problème. Mais les données classiques sont inquiétantes. Cet optimum correspond-il à la pluralité des définitions qu'en donne par avance le système à points ? Selon toute vraisemblance : non.

CONCLUSION

Dans l'industrie contemporaine, les systèmes d'organisation et de salaire les plus répandus reposent sur une unité universelle de travail définie comme un temps élaboré. L'un des principaux facteurs intervenant dans le calcul de l'unité de travail est dit « pourcentage d'effort » ou « temps de repos nécessaire et suffisant pour effacer la fatigue ». Ce coefficient est arbitraire. Nous avons étudié la possibilité de le déterminer par des méthodes physiologiques.

Une telle recherche est si urgente mais se heurte à de si sérieuses difficultés qu'elle a été maintes fois entreprise et jamais menée à terme. Nous avons choisi de procéder avec rigueur sans jamais nous dissocier des conditions industrielles. Le plus grand défaut du présent travail est de n'avoir pas pu atteindre le stade des expériences de grande série; nous pensons avoir ouvert cependant une voie scientifique et pratique vers la solution.

Nous avons tenté de dégager le problème de la « fatigue industrielle » de ses obscurités traditionnelles. La physiologie du travail devrait s'assigner pour tâche la mesure de la « détérioration fonctionnelle ». Nous désignons ainsi une évolution progressive et en règle réversible des processus d'adaptation fonctionnelle au travail. Le travail met en jeu les mécanismes régulateurs de l'homéostasie; ces mécanismes sont extrêmement complexes. Alors que certains auteurs ne voient dans le travailleur qu'un « moteur humain », d'autres renoncent à toute étude quantitative. La notion de détérioration fonctionnelle permet de décrire scientifiquement, c'est-à-dire de mesurer, des phénomènes que l'on ne peut encore valablement expliquer.

Il était nécessaire d'acquérir une connaissance personnelle aussi complète que possible des différents travaux industriels. Nous avons tenté d'y parvenir par la participation et l'observation; cette dernière a été étayée par de nombreux chronométrages identiques à ceux des services d'organisation. L'expérience ainsi acquise nous a amené à une révision de la valeur du chronométrage en tant que méthode scientifique d'étude du travail.

Au chronométrage ont été ensuite adjointes des mesures physiologiques qui ne pouvaient être que grossières dans les conditions des expériences. Le travail étudié, choisi parmi les tâches réelles des ouvriers mineurs du fond, a été le chargement à la pelle de wagonnets de charbon, et a été suivi par postes entiers, dans 3 expériences à vitesse de travail libre, dans 9 expériences à vitesse imposée avec

repos imposés. Les notations suivantes ont été faites à intervalles réguliers : fréquence du pouls, temps de réaction psycho-motrice, dynamométrie, Step-Test, épreuve d'attention, et rapprochées d'une étude des temps « élémentaires » de travail. Nous avons constaté au cours de la journée de travail une ascension de la fréquence cardiaque contrastant avec une diminution de la production. L'analyse statistique des données nous a conduit au calcul d'une équation de régression partielle permettant de mesurer en termes très simples ce que nous croyons être la détérioration d'une fonction physiologique.

Des leçons qu'on en peut tirer, retenons celle-ci : la Physiologie du travail se doit de conquérir un certain degré d'autonomie à l'égard de la Physiologie générale. C'est ainsi que, née de la recherche « désinsérée » en laboratoire, sans confrontation avec les réalités industrielles, et trop hâtivement généralisée, la notion classique de « steady-state » a, en fait, retardé le progrès de la recherche « insérée ».

BIBLIOGRAPHIE

limitée aux travaux lus dans le texte original

Le signe * indique ceux d'entre eux qui renferment une bibliographie importante. On pourra également consulter les analyses du *Travail humain*, passim — et celles de *l'Année psychologique* (sous la rubrique : activité et travail, entraînement, fatigue).

Les titres essentiels sont :

- pour la physiologie : DHERS, FROIS, KAYSER et SIMONSON 1947;
- pour le système à points : LALOUX, VIAL et WALCH;
- pour la statistique : FAVERGE, FISHER et LAURENT.

Absence of Work-Prevention of Fatigue. Industrial Health Research Board, London, 2, 1944, 20 p.

Les aspects sociaux de la rationalisation. Études préliminaires. *Études et documents*, B. 18, B.I.T., Genève.

L'étude du travail, IV. L'étude des temps, B.T.E., A.I.E.S.T., Paris, 1951, 52 p.

* AMAR, J. — Organisation physiologique du travail. Dunod, Paris, 1917, 374 p.

* AMAR, J. — Le moteur humain. Dunod, Paris, 1923, 690 p.

ALLAIN, L. M. — Le travail ouvrier. P.U.F., Paris, 1949, 128 p.

ATZLER. — Physiologie du travail, in : *Hygiène du travail*, B.I.T., Genève, 1930-1932, 2, pp. 793-805.

AUDIBERT, J. — Remarques sur le paiement à points, inédit, 1950 (Autorisation de l'auteur).

AUDIBERT, P. — Généralités sur l'organisation rationnelle du travail dans les mines. *Revue de l'industrie minière*, 304, 15 août 1933, pp. 335-385.

AUDIBERT, P. — Le système Gennaper pour l'évaluation des tâches. *Revue de l'industrie minière*, 354, 15 sept. 1935, pp. 429-454.

AUDIBERT, P. — Compléments à l'exposition du Système Gennaper pour l'évaluation des tâches. *Revue de l'industrie minière*, 405, 1^{er} déc. 1937, pp. 565-570.

BACHELARD, G. — La formation de l'esprit scientifique : Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective. Vrin, Paris, 1947, 257 p.

BANERJI, M. N. — Industrial Psychology, Fatigue Study : I. Reaction Time as an Indicator of Onset of Fatigue; II. Reaction Time and Intellectual Fatigue; III. Increase of Reaction Time after Short Spells of Strenuous Physical Work. *Indian Journal of Psychology*, 10, 1935, pp. 69-79.

* BARNES, R. M. — Motion and Time Study. J. Wiley and Sons, New York, 1949, 559 p.

* BARTLEY, S. H. & CHUTE, E. — Fatigue and Impairment in Man. Mc Graw Hill Book Co, N.Y. and London, 1947, 429 p.

BERNARD, Cl. — Introduction à l'étude de la médecine expérimentale.

BERNARD, Cl. — Principes de médecine expérimentale, P.U.F., Paris, 1947, 308 p.

BERTRAND THOMPSON, C. — Le système Taylor, Payot, Paris, 1925, 127 p.

BIDOU, G. — Énergamétrie. Détermination scientifique du travail humain. Base exacte d'évaluation des différentes fonction motrices normales ou déficientes. Maloine, Paris, 1947, 104 p.

- BINET, L. — Comment se défend l'organisme. P.U.F., Paris, 1946, 124 p.
- BINET, L. — Fatigue et agents défatigants. Cours à l'Institut d'Hygiène industrielle et de Médecine du travail. Inédit, Paris, 1950.
- BITTERMANN, M. E. & RYAN, T. A. — Muscular Tension as a Measure of Effort Expenditure in Sedentary Work. *Proceedings and Papers of the Twelfth International Congress of Psychology*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 1950, pp. 43-44.
- BOCK, A. V., DILL, D. B. & TALBOTT, J. H. — Studies in Muscular Activity. I. Determination of the Rate of Circulation of Blood in Man at Work. *The Journal of Physiology*, **66**, 2, 1928, pp. 121-132.
- BONNARDEL, R. — L'adaptation de l'homme à son métier. P.U.F., Paris, 1946, 199 p.
- BONNARDEL, R. & JAGUES, S. — Étude des modifications de l'excitabilité musculaire sous l'influence de la fatigue. *Le travail humain*, **11**, 3-4, juil.-déc. 1948, pp. 226-270.
- BOURDON, M. — Communication inédite aux journées de perfectionnement de l'A.P.P.D., Paris, 1950.
- BRAND, H. — Récupération des forces après la fatigue. In : *Contrôle médico-sportif et fatigue*. Rouge, Lausanne, 1941.
- * BRAUER, L. & WOLF, W. — Einführung in die Spirographie und Ergometrie. *Beiträge zur Klinik der Tuberkulose*, **94**, 67, pp. 504-519.
- BROUHA, L. — Spécificité de l'entraînement au travail musculaire. *Revue canadienne de Biologie*, **4**, 1945, 2, pp. 144-148.
- BROUHA, L., GRAYBIEL, A. & HEATH, C. W. — The Step-Test. *Revue canadienne de Biologie*, **2**, 1943, 1, pp. 86-91.
- BROUHA, L. & SAVAGE, B. M. — Variability of Physiological Measurements in Normal Young Men at Rest and during Muscular Work. *Revue canadienne de Biologie*, **4**, 1945, 2, pp. 131-143.
- * BROŽEK, J. & MONKE, J. V. — Miniature Work Situations as a Research Tool. *Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine*, **2**, 1, jul 1950, pp. 63-97.
- CANGUILHEM, G. — Milieu et normes de l'homme au travail. *Cahiers internationaux de sociologie*, 2^e année, vol. 3, 1947, pp. 120-236.
- CANGUILHEM, G. — Essai sur quelques problèmes concernant le normal et le pathologique. Les Belles Lettres, Paris, 1950.
- CANNON, W. B. — La sagesse du corps. Nouvelle Revue Critique, Paris, 1939.
- CAUSSÉ, R. & CHAVASSE, P. — Études sur la fatigue auditive, in : *L'Année psychologique*, **43-44** (1942-1943), P.U.F., Paris, 1947, pp. 265-298.
- CHAUCHARD, P. — Le moteur vivant. P.U.F., Paris, 1948, 128 p.
- CHAUSSIN, J., LAUGIER, H. & ROUSSEAU, S. — Répercussions du travail musculaire sur les éliminations urinaires. *Le travail humain*, sept. 1934, pp. 295 sqq.
- CHRISTENSEN, E. H. — Beiträge zur Physiologie Schwerer Körperlicher Arbeit. IV Mitteilung : Die Pulsfrequenz während und unmittelbar nach schwerer Körperlicher Arbeit. *Arbeitsphysiologie*, **4**, 1931, pp. 453-469.
- COLLARD. — La fatigue, la fatigabilité. Évaluation et conséquences sur le travail humain. Conférence à l'Association de médecine du travail, Paris, 17 déc. 1951 (à paraître).
- COUMÉTOU, M. — De la corrélation entre séries statistiques distribuées en trois classes. *Le travail humain*, **10**, 3-4, juil.-déc. 1947, pp. 271-276.
- CROZIER, W. J. — Déterminisme et variabilité dans le comportement des organismes. Hermann, Paris, 1935, 57 p.
- DARMOIS, G. — Statistique et applications. Colin, Paris, 1946, 203 p.
- DE MAN, H. — La joie au travail. P.U.F., Paris, 1930, voir pp. 57-60 et 249-252.
- * DEVINAT, P. — L'organisation scientifique du travail en Europe. *Études et documents*, B. 17, B.I.T., Genève, 1927, 267 p.

- DHERS, V. — (Tests de fatigue) in : *Hygiène du travail*, B.I.T. Genève, 1930-1932, 1, pp. 858-861.
- DHERS, V. — Critique des tests proposés pour l'étude de la fatigue industrielle, in : VI Conferència Internacional de Psicotècnica. *Anal. d'orientació professional*, 4, 4, pp. 25-110. — Discussion : CLAPARÈDE, MOLDOVAN, BLANCO, *ibid.*, pp. 118-120.
- DILL, D. B., EDWARDS, H. T. & TALBOTT, J. H. — Studies in Muscular Activity. VII. Factors limiting the Capacity of Work. *Journal of Physiology*, 1932-1933, 77, pp. 49-62.
- DOLLEFUS, D. — Chronométrage, durées allouées et physiologie du travail. Conférence à l'Association « Médecine du travail », Paris, 18 avril 1951 (*à paraître*).
- DOLLEFUS, D. — Méthode de détermination des vitesses standard d'exécution des gestes élémentaires en vue de la détermination par analyse des vitesses optima d'exécution des tâches. *Hommes et techniques*, déc. 1947, pp. 35-40.
- EGGLETON, A. V. — Muscular Activity. Baillière, Tindall and Cox, London, 1926, 115 p.
- FAILLIE, R., LIBERSON W. & VIAL DE SACHY, H. — Recherches biologiques sur la normalisation des fourches à ballast. *Le travail humain*, 1, 1933, pp. 278-296.
- FAVERGE, J. M. — Les techniques de l'expérimentation dans l'étude du travail. *Le travail humain*, 11, 3-4, juil.-déc. 1948, pp. 164-173.
- FAVERGE, J. M. — Introduction aux méthodes statistiques. P.U.F., Paris, 1950, 163 p.
- FESSARD, A., LAUGIER, H. & NOUEL, S. — *C.R. Académie des sciences*, 186, 1928, pp. 168-170.
- FISHER, R. A. — Les méthodes statistiques adaptées à la recherche scientifique. P.U.F., Paris, 1947, 325 p.
- FORTIER, CL. — Étude sur la condition physique du travailleurs dans l'industrie forestière. *Revue canadienne de Biologie*, 5, 1946, 3, pp. 270-280.
- FRÉDÉRICQ, H. — Principes de physiologie générale. Masson, Paris, 1943, 459 p.
- FRÉDÉRICQ, H. — Traité élémentaire de physiologie humaine. Masson, Paris, 1947, 832 p. (*passim*).
- FREUND, H. — Die Vorkalkulation von Arbeitszeiten für spanabhebende Bearbeitung. De Gruyter, Berlin, 1932, 120 p.
- * FRIEDMANN, G. — Problèmes humains du machinisme industriel. Gallimard, Paris, 1946, 387 p.
- FROIS, M. & GAUBET, B. — Le rendement de la main-d'œuvre et la fatigue professionnelle. Notes et documents de l'institut Lannelongue d'hygiène sociale, I. Alcan, Paris, 1920, 104 p.
- GEMELLI, A. — La psicotecnica applicata all' industria. Società editrice libraria, Milano, 1944, pp. 136-137.
- GOGUELIN, P. — Méthodes élémentaires de calcul statistique. Guyot, Clamart, 1948, 230 p.
- GOURDON, G. F. — La mesure du travail humain. Éd. du Centre, Paris, 1945, 165 p.
- GUICHARD, J. — L'organisation du travail, in : *Introduction à la connaissance scientifique*. Exposé radiophonique, chaîne parisienne, R.D.F., 26 nov. 1950.
- HÉDON, E. — Précis de physiologie. Doin, Paris, 1939, 1052 p.
- HERMANN, H. — Physiologie du travail musculaire. Travail et surmenage, pp. 39-83, in : *Médecine du travail*, 1, Lavandier, Lyon, 1942.
- HILL, A. V. — Muscular Activity. Baillière, Tyndall and Cox, London, 1926, 115 p. (voir surtout pp. 91-93).
- HOBGEN, L. — Les mathématiques pour tous. Payot, Paris, 1947, pp. 595-669.
- HUSSON, R. — Principes de métrologie psychologique. Hermann, Paris, 1937, 82 p.
- IOTEYKO, J. — La fatigue. Flammarion, Paris, 1925.
- JANET, P. — La tension psychologique et ses oscillations, in : G. DEMAS, *Nouveau traité de psychologie*, 4. Alcan, Paris, 1934, pp. 386-411 (en particulier p. 405). Voir aussi : *Traité*, 1, 306 - 1, 309 - 2, 613 et *Nouveau traité*, 2, pp. 49-52.

- * KAYSER, Ch. — Physiologie du travail et du sport. Hermann, Paris, 1947, 264 p.
- KRENTZ, M. — The statistical Treatment of Introspection. Proceedings and Papers of the 12th International Congress of Psychology. Oliver and Boyd, Edinburgh, 1950, pp. 134-135.
- LAGACHE, D. — Janet au collège de France. *L'Évolution psychiatrique*, 1950, 3, p. 413.
- LAHY, J. M. — Le système Taylor et la Physiologie du travail professionnel. Gauthier-Villars, Paris, 1921, 216 p.
- LAHY, J. M. & KORNGOLD, S. — La fatigabilité est-elle une cause des accidents? *Le travail humain*, 4, 2, juin 1936, pp. 153-162.
- * LALOUX, Ph. — Le système Bedaux de calcul des salaires. Thèse pour le doctorat en droit, Paris, édit. H. et Techniques, Paris, 1950, 160 p. (à lire en entier).
- LANDEN, H. C. — Die Praxis des Lungenfunktionsprüfung. *Beiträge zur Klinik der Tuberculose*, 95, 7, pp. 681-688.
- LANDEN, H. C. & ALLERÖDER, H. — Untersuchungen über den Gasaustausch und die Lungenvolumina bei Gesunden und Kranken unter Belastung mit dosierter und gemessener Arbeit. *Beiträge zur Klinik der Tuberculose*, 96, 2, pp. 108-119.
- LAPICQUE, L., LAPICQUE, M., FROIS, M., et MAGNE, H. — Physiologie du travail. Contributions à l'étude du rendement de la main-d'œuvre et de la fatigue professionnelle. Notes et mémoires de l'institut Lannelongue, Alcan, Paris, 1921, 107 p.
- LAPICQUE, L. — La machine nerveuse. Flammarion, Paris, 1943.
- LAUGIER, H. — Indice physiologique de fatigabilité. *Bulletin de la Société clinique de médecine mentale*, 18, 23 a, 3-4, mars-mai 1930, pp. 59-61.
- LAUGIER, H., PIÉRON, H., TOULOUSE, E. & WEINBERG, D. — Études docimologiques sur le perfectionnement des examens et concours. P.U.F., Paris, 1934, 89 p.
- LAURENT, A. G. — La méthode statistique dans l'industrie. P.U.F., Paris, 1950, 136 p.
- LAURU, L. — Exemples d'étude physiologique de postes de travail, in : DESOILLE, H. *Cours de médecine du travail*. Le François, Paris, 1949, pp. 115-123.
- LE LIONNAIS, F. & al. — Les grands courants de la pensée mathématique. *Cahiers du Sud*, 1948, 533 p.
- LEMOINE. — Travail et fatigue. *Le médecin d'usine*, 11, 8, sept-oct. 1949, pp. 451-462.
- LHÉRITIER, Ph. — Les méthodes statistiques dans l'expérimentation biologique. C.N.R.S., Paris, 1949, 95 p.
- LOO, P. — Le syndrome général d'adaptation, in : *Le médecin français*, 10, 21, 10 nov. 1950, pp. 300-302.
- LOVEKIN, O. S. — The quantitative Measurement of Human Efficiency under Factory Conditions. *The Journal of Industrial Hygiene*, 12, 4, 1930, pp. 133-167.
- MAC CLOY, C. H. — A Cardio-vascular Rating of « Present Condition ». *Arbeitsphysiologie*, 4, 1931, pp. 97-108.
- MAGNE, H. — Les modifications des échanges respiratoires pendant l'exercice musculaire. Leur utilisation pour l'étude du travail des ouvriers d'industrie : rendement, fatigue, entraînement, aptitude professionnelle. Notes et mémoires de l'institut Lannelongue, 3, Alcan, Paris, 1922, pp. 25-68.
- MANOIL, A. — Timp de reactie psiho-motrice si oboseala. *Jurnal de Psihotecnica*, 1, 1, Ian.-feb. 1937, pp. 186-189.
- MARCHAC, E. — Modifications fonctionnelles dans l'organisme humain provoquées par un travail musculaire de longue durée. *Le travail humain*, sept. 1934, pp. 284-294.
- MAYO, E. — The Human Problem of an Industrial Civilisation. Harvard University Press, Boston, 1933, pp. 1-26.

- MERKLEN, L. — Le rythme du cœur au cours de l'activité musculaire. André, Nancy, 1926.
- MINKOWSKI, E. — Le temps vécu. D'Artrey, Paris, 1933, pp. 16 sqq.
- MORI, A. — Effort, in : *Hygiène du travail*, B.I.T., Genève, 1930-1932, **1**, pp. 758-766.
- MORICE, E., TISSERAND, M. & REBOUL, J. — Méthodes statistiques en médecine et en biologie. Masson, Paris, 1947, 181 p.
- MORIN, G. — Physiologie du travail humain. Masson, Paris, 1946, 104 p.
- MORIN, G., GOUZON, B. & COTTON, P. — Utilisation des oscillations de relaxation pour l'étude de la fatigue neuro-musculaire. *C.R. Société de Biologie*, 1944, **138**, pp. 612-613.
- MOUNIER, E. — Traité du caractère. Éd. du Seuil, Paris, 1947, pp. 235 et 444-445.
- MYERS, C. S. — Industrial Psychology. Thornton Butterworth, London, 1925, et The People's Institute Publishing, New York, 1926, pp. 44, 71, 74 de l'édition américaine.
- MYERS, Ch. — Fatigue industrielle, in : *Hygiène du travail*, B.I.T., Genève, 1930-1932, pp. 854-858.
- NARBAITS, A. — Respiration et exercices physiques. Bordeaux, Delmas, 1942, 73 p.
- OZORIO DE ALMEIDA, M., LAPICQUE, L. & PIÉRON, H. — in : *L'Énergie dans la nature et dans la vie*. P.U.F., Paris, 1949, pp. 205-291.
- PERRAULT. — Les glandes endocrines et la médecine du travail. Cours à l'institut d'Hygiène industrielle et de Médecine du travail. Inédit, Paris, 1950.
- PIÉRON, H. — Recherches préliminaires sur les signes psychophysiologiques de fatigue. Notes et mémoires de l'Institut Lannelongue, **3**, Alcan, Paris, 1922, pp. 9-24.
- * POYER, G. — Activité mentale, travail intellectuel et fatigue, in : G. DUMAS, *Nouveau traité de psychologie*, **4**, Alcan, Paris, 1934, pp. 412-454.
- PRENANT, M. — Adaptation, Écologie et Biocœnotique. Hermann, Paris, 1936, 60 p.
- ROETHLISBERGER, F. J. & DICKSON, W. S. — Management and the Worker. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1949, pp. 90-97, 232-251, 320-321, 570-571.
- SAINTVITEUX, J. — Contribution expérimentale à l'étude de la fatigue mentale et de l'économie du travail scolaire. *Le travail humain*, **11**, 1-2, janv.-juin 1948, pp. 69-93.
- SCHUTZENBERGER, P. — A propos de la « Cybernétique » (Mathématiques et Psychologie). *L'Évolution psychiatrique*, 1949, **4**, oct.-déc., pp. 585-607.
- SELYE, H. — The Physiology and Pathology of Exposure to Stress. Acta, Medical Publishers, Montréal, 1950, 822 p.
- * SIMONSON, E. — L'adaptation au travail physique. *Le travail humain*, **4**, 2, juin 1936, pp. 129-152.
- * SIMONSON, E. — Quelques questions concernant les échanges au cours du travail musculaire. *Le travail humain*, **6**, 4, déc. 1938, pp. 385-406.
- * SIMONSON, E. & ENZER, N. — Measurement of Fusion Frequency of Flicker as a Test for Fatigue of the Central Nervous System. *The Journal of Industrial Hygiene and Toxicology*, **23**, 2, feb. 1941, pp. 83-89.
- * SIMONSON, E. — Industrial Physiology. *Annual Review of Physiology*, **6**, 1944, pp. 543-577.
- * SIMONSON, E. — Outline Analysis of Research Problems in Industrial Physiology. *Occupational Medicine*, **3**, 2, feb. 1947, pp. 110-134.
- * SINÉ, H. — La fatigue. Idées actuelles sur ses causes. Ses formes cliniques. Tests d'appréciation du degré de fatigue. Thèse Fac. Méd. Montpellier, 1942, 77 p.
- SOULA. — Physiologie du travail. Cours à l'institut d'Hygiène industrielle et de Médecine du travail. Inédit, Paris, 1950.

- SPEARMAN, C. — Les aptitudes de l'homme. Leur nature et leur mesure (pp. 237-245 et *passim*). P.U.F., Paris, 1936, 351 p.
- TAYLOR, F. W. — La direction des ateliers. Dunod, Paris, 1930, 190 p.
- TAYLOR, F. W. — Principes d'organisation scientifique. Dunod, Paris, 1929, 117 p.
- TEISSIER, G. — Mathématiques et biologie. Conférence à l'Union française universitaire. Paris, 13 avril 1945, G. Sauvard, imp., s.d., 11 p.
- * TULOU, P. — L'exploration de la fonction respiratoire. Th. Méd. Paris, 1943, 227 p.
- VALLÉE, S. — Aperçu historique et critique de l'évolution de l'organisation du travail. Taylor, Fayol, Stakhanov, in : DESOILLE, *Cours de médecine du travail*, Le François, Paris, 1949, pp. 83-91.
- VENDRYÈS, P. — L'acquisition de la science. Albin Michel, Paris, 1946, 454 p.
- VERNON, H. M. — Accidents du travail et facteur humain. Le facteur fatigue, in : *Hygiène du travail*, B.I.T. Genève, 1930-1932, 1, pp. 15-16.
- VIAL, J. — L'organisation scientifique et la mesure du travail dans les travaux du fond. *Revue de l'Industrie minière*, 464, mai-juin 1942, pp. 63-80 - 465, juil. 1942, pp. 101-122 - 466, août-sept. 1942, pp. 161-175 - 467, oct. 1942, pp. 205-222.
- VIALE, G. — Organisation scientifique et physiologie du travail humain, in : *Hygiène du travail*, B.I.T. Genève, 1930-1932, 2, pp. 623-630.
- VON MONAKOW, C. & MOURGUE, R. — Introduction biologique à l'étude de la neurologie et de la psychopathologie. Intégration et désintégration de la fonction. Alcan, Paris, 1928, 399 p.
- VORWALD, A. J. — Essential Correlations between Medicine and Industrial Research. *Occupational Medicine*, 5, 3, march 1948, pp. 292-299.
- WALCH, J. — De la condition prolétarienne. *Revue de l'industrie minière*, 560, sept. 1950, pp. 779-801.
- WALLON, H. — Principes de psychologie appliquée. Colin, Paris, 1930, pp. 11-59.
- * WALTHER, L. — La psychologie du travail. 1, éd. du Mont-Blanc, Genève, 1946, 290 p.
- WALTHER, L. — Les repos intercalaires dans le travail industriel. *Hommes et techniques*, déc. 1947, p. 34.
- WYATT. — Fatigue Tests, in VIa Conferencia Internacional de Psicotécnica. *Anal. d'orientació professional*, 4, 4, pp. 111-117.
- ZAEPEL, G. — Über eine neue Theorie der quantitative Atmungsregulation und ihre Bedeutung für Arbeitsphysiologie und Klinik. *Archiv für Kreislauf-forschung*, 7, 1-3, pp. 90-115.
- ZAEPEL, G. & WOLF, W. — Über die Auswertung spiographischer Ruhe- und Arbeitskurven. *Beiträge zur Klinik der Tuberculose*, 94, 67, pp. 520-543.
- ZORN, O. — Die quantitative Lungen- und Kreislauffunktionprüfung bei Bergarbeiten (unter besonderen Einschluss der Silikose). *Beiträge zur Klinik der Tuberculose*, 94, 67, pp. 544-588.

Les travaux de SHARP et de WARD sont analysés dans *L'Année psychologique*, 42-43, 1942-1943. P.U.F., Paris, 1947, pp. 740-743.

Ceux de LEHMANN & MICHAELIS dans *Le travail humain*.

La plupart des travaux non repris *supra* sont cités d'après KAYSER.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE : Position des problèmes	9
CHAPITRE I. — <i>Historique critique</i>	9
1 ^o Première période	10
2 ^o Deuxième période	10
3 ^o Troisième période	12
4 ^o Optimum, performance, repos	19
CHAPITRE II. — <i>Discussion du système à points</i>	23
1. Définitions du système à points	23
2. Discussion	30
3. Hypothèses physiologiques issues du système à points	40
DEUXIÈME PARTIE : Étude des temps de travail	43
CHAPITRE III. — <i>Études a posteriori de chronométrages</i>	43
CHAPITRE IV. — <i>Travaux de forge</i>	51
TROISIÈME PARTIE : Étude parallèle des temps de travail et de l'évolution de données physiologiques simples	53
CHAPITRE V. — <i>Reprise au tas à rythme libre</i>	53
1. Dispositif	53
2. Résultats	55
CHAPITRE VI. — <i>Reprise au tas à rythme imposé</i>	69
1. Préparation	69
2. Réalisation	72
3. Étude qualitative	74
4. Étude quantitative	84
5. Étude abstraite	106
6. Conclusions	119
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	121
CONCLUSION	129
BIBLIOGRAPHIE	131
TABLE DES MATIÈRES	137

Vu

Le Président :
signé : DESOILLE

Vu

Le Doyen :
signé : BINET

Vu et permis d'imprimer

Le Recteur de l'académie de Paris
signé : Jean SARRAILH

ACHEVÉ D'IMPRIMER
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE NOUVELLE
53, QUAI DE LA SEINE, PARIS
LE 25 JANVIER 1962
N° 987-1961

Dépôt légal : 1^{er} trim. 1962
Numéro éditeur : 156

